

Caracterización y posibilidades económicas de las pegmatitas del sector occidental de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Avila)

Por C. RUIZ GARCIA (*)

RESUMEN

Un lentejón de pegmatita granítica de 850 m. de largo y 100 m. de espesor máximo, encaja en filitas prearenigienses.

Estas pegmatitas están compuestas por cuarzo, albita, feldespato potásico y moscovita, chorlo subordinado; granate y apatito ocasionales.

Según la clasificación de Ginsburg corresponden a pegmatitas del tipo III (micáceas), sin relación espacial con intrusiones graníticas; para Rudenko serían pegmatitas moscovíticas.

Los reemplazamientos corresponden principalmente a moscovitizaciones, albitizaciones y formación de feldespato potásico. Su distribución es irregular y representan pocas unidades por ciento de volumen total.

El tamaño de grano y composición química de los minerales principales propician la posibilidad de obtener tres concentrados de cuarzo, feldespatos alcalinos y moscovita que representan el 94 por 100 del volumen total de la pegmatita.

ABSTRACT

A lens of granitic pegmatite 850 m. long and 100 m. wide maximum fits in prearenigian phyllites.

These pegmatites are composed by quartz, albite, K-feldspar and moscovite; schorl is subordinated and garnet is occasionally present.

According to Ginsburg classification they correspond to type III mica-bearing pegmatites without any spatial relation with granitic intrusions for Rudenko they could be muscovite-bearing pegmatites.

The replacements correspond to muscovitizations, albitizations and formation of K-feldspar. Their distribution is irregular and they represent only a few units per cent in the total volume.

The grain size and the chemical composition of the main minerals provide the possibility of obtaining three concentrates: quartz, alkaline feldspars and moscovite which represent the 94% of the pegmatite total volume.

RESUME

Une pegmatite granitique de forme lenticulaire de 850 m. de longueur et 100 m. maximum d'épaisseur est encaissée entre des phylades du pré Arenig.

La composition de ces pegmatites est formé par du quartz, albite, feldspath potassique et muscovite, la schorlite se trouve subordonnée et le grenat et l'apatite apparaissent sporadiquement.

Selon la classification de Ginsburg, ces pegmatites correspondent aux pegmatites du type III (micacées) non relationnées spatialement avec des intrusions granitiques; selon Rudenko elles seraient des pegmatites a muscovite.

Les remplacements sont représentés par la formation de muscovite, d'albite et de feldspath potassique. Leur distribution est irreguliere et ils representent quelques unités pour cent du volume total.

La taille des grains et la composition chimique des minéraux principaux favorisent la possibilité d'obtenir trois concentrés différents, de quartz, de feldspaths alcalins et de muscovite qui représentent le 94% du volume total de la pegmatite.

(*) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

ENCUADRE GEOLOGICO

Las pegmatitas graníticas estudiadas se sitúan en el sector occidental de la Sierra de Guadarrama, en la provincia de Avila, al sur del pueblo de La Cañada, a 300 metros al este del km. 4 de la carretera de San Bartolomé de Pinares a La Cañada.

Se localizan en la zona sur del macizo de La Cañada, constituida por metasedimentos Prearenienses y al oeste del macizo hercínico de Hoyo de Pinares, de carácter adamellítico porfídico.

Corresponden a unos afloramientos en forma de lentejón discontinuo interrumpido en cuatro tramos que en su conjunto tienen una corrida de 850 metros, con una dirección N 45° E, y 100 metros de potencia en las zonas de máximo espesor, aunque en zonas próximas hay asomos menos importantes de estas mismas pegmatitas graníticas. Resaltan algo de las filitas encajantes, cuya esquistosidad cortan en detalle, aunque son concordantes en conjunto, pero por lo que más resaltan es por su color claro, granulometría gruesa y por las labores que se han realizado en el pasado.

METASEDIMENTOS ENCAJANTES

Los metasedimentos en los que intruyen de forma neta, corresponden a unas filitas oscuras con superficie micácea.

Las filitas tienen una textura granolepidoblástica algo porfidoblástica en zonas, de grano medio. Las bandas esquistosas están formadas por alternancias micáceas de moscovita y biotita con otras bandas constituidas por cuarzo y plagioclasa.

Mineralógicamente las filitas están formadas por moscovita, biotita, cuarzo, muchas veces plagioclasa, cordierita siempre y, ocasionalmente, sillimanita, andalucita y granate. Minerales accesorios son: feldespatos potásico, circón, apatito, rutilo y opacos. Minerales secundarios son pinnita, clorita y sericita, que proceden de la pinnitización de la cordierita, cloritización de la biotita con formación de rutilo sagenítico y opacos, y sericitización de la plagioclasa.

Las micas de las filitas, que son subidioblásticas, marcan la lineación mineral, N 160° E de valor medio (dentro del plano de esquistosidad princi-

pal) que correspondería a las lineaciones de las dos primeras fases según CAPOTE, R. (1971) de N 145° E.

El cuarzo y la plagioclasa, esta última de subidioblástica a alotrioblástica y maclada, van asociados, aunque a veces falta esta última.

La cordierita está siempre presente y su contenido es bastante apreciable; se presenta en los lechos de cuarzo y al igual que éste se dispone en grandes cristales alargados e incluso acintados; estas características, debidas a un estiramiento dúctil, y su misma abundante neoformación, las atribuimos a la existencia de una banda de cizalla en relación con la cuarta fase de deformación que se localiza junto al kilómetro 5 del camino entre San Bartolomé de Pinares y La Cañada, el sistema de planos de cizalla es subvertical con dirección N 35-40° E (IGME, Hoja de Las Navas del Marqués). La alteración a pinnita de la cordierita puede ser parcial o total, pero es frecuente que aparezca fresca.

La sillimanita es mucho menos abundante que la cordierita, presentándose en pequeños cristales agrupados o en forma de fibrolita.

Andalucita y granate son minerales metamórficos esporádicos que se han localizado en las filitas encajantes al norte de los filones pegmatíticos.

La presencia de turmalina en estas filitas está en relación con los diques de pegmatitas graníticas, ya que su proporción y tamaño de cristales aumenta en función de las proximidades a las mismas; es por tanto un proceso de turmalinización.

PEGMATITAS GRANITICAS

Para el estudio de las pegmatitas graníticas se ha hecho una toma de muestras en cada uno de los tramos de filón, haciendo varias transversales normales a la dirección del mismo, con objeto de establecer una posible zonación.

La zonación se ha demostrado inexistente, ya que aunque no presentan homogeneidad en cuanto al contenido y distribución de los diferentes componentes minerales, no se pueden establecer zonas de distribución. La ausencia de zonación se explica, ya que se ha comprobado se trata de unas

pegmatitas graníticas simples (en contraposición a las complejas, que contienen elementos de gran interés económico) en cuanto a su composición, y lo normal en este tipo de pegmatitas es la falta de zonación.

Los componentes minerales principales de las pegmatitas son: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico pertítico y mica blanca. Los restantes componentes son: turmalina, granate, apatito, biotita y circón, enumerados en orden decreciente de importancia.

Estas pegmatitas graníticas presentan signos de deformación y tectonización, con cataclasis y posterior recristalización del cuarzo que rodea y penetra a los cristales de feldespatos, dando a veces texturas en mortero. Otras manifestaciones de la tectonización sufrida es la presencia de planos de macla de plagioclasa doblados, e incluso microfracturados con deslizamientos entre ellos; doblamiento de láminas de mica blanca y, en general, extinción ondulante de todos los componentes.

Las zonas fuertemente cataclásticas originan texturas microcristalinas, casi pseudotaquiliticas, aunque hay que advertir que espacialmente tienen poca representación.

Hay zonas que presentan un bandeo marcado por el alargamiento de los cristales de cuarzo y, en general, por el estiramiento de todos los componentes de la pegmatita; destaca este carácter cuando existe turmalina, dado su color negro, que contrasta macroscópicamente de los restantes minerales.

Cuarzo

Se presenta en cristales alotriomorfos, pudiendo llegar algunos de ellos a diámetros de 3 cm.

El cuarzo comienza a cristalizar posteriormente a los feldespatos a los que rodea, formando muchas veces un mosaico de cristales de contornos suturados originados probablemente por recristalización. La formación de cuarzo continúa en un proceso de silicificación posterior penetrando claramente el cuarzo en los feldespatos, por ejemplo, en planos de macla de plagioclasas.

Plagioclasa

Se presenta en cristales de subidiomorfos a alo-

triomorfos, maclados polisintéticamente, con tamaños que pueden llegar a 1 cm.

Con frecuencia está rodeado de cristales de cuarzo en mosaico.

La media de los resultados de los análisis efectuados por microscopio electrónico de barrido (*) es:

	% en óxidos	Núm. de cationes en la fórmula
SiO ₂	67,59	2,9438
Al ₂ O ₃	21,29	1,0930
Na ₂ O	10,33	0,8727
CaO	0,78	0,0365
TOTAL	100,00	

El oxígeno ha sido calculado por estequiometría.

El número de cationes ha sido calculado sobre la base de 8 átomos de oxígeno.

La composición sería: (Na_{0,87} Ca_{0,03}) Al Si₃ O₈, que corresponde a una plagioclasa tipo albíta.

Feldespato potásico

Se presenta en cristales alotriomorfos que pueden llegar en algunos casos a tamaños de 3 cm.

Siempre es pertítico, desde pertitas casi submicroscópicas a bastante desarrolladas; pueden presentarse en gotas, láminas, films, etc. El volumen de albíta en las pertitas representa sólo algunas pocas unidades por ciento del volumen de feldespato potásico.

Ocasionalmente se reconoce algún feldespato potásico algo anubarrado.

La media de los resultados de los análisis es:

	% en óxidos	Núm. de cationes en la fórmula
SiO ₂	69,50	3,1260
Al ₂ O ₃	17,18	0,9108
K ₂ O	13,31	0,7639
TOTAL	100,00	

(*) Los análisis de todos los minerales se han realizado en un microscopio electrónico de barrido Hitachi con analizador Kevex.

El oxígeno ha sido calculado por estequiometría.

El número de cationes se ha calculado sobre la base de 8 átomos de oxígeno.

La composición sería: $K_{0,76} Al_{0,91} Si_{3,12} O_8$, que corresponde a una microclina.

Mica blanca

Se presenta en cristales tabulares subidiomorfos, con láminas que pueden llegar en algunos casos a 1 cm² de superficie.

Está asociada al cuarzo y lo mismo que éste generada posteriormente a los feldspatos a los que rodea.

De diferentes zonas de la pegmatita se han analizado micas blancas por absorción atómica, para conocer su contenido en Li; el resultado ha sido que los mayores contenidos corresponden a 74 p.p.m. de Li en la mica, con lo cual queda descartada la posibilidad de que fueran moscovitas litiníferas.

El análisis promedio de las micas blancas es:

	% en óxidos	Núm. de cationes en la fórmula
SiO ₂	57,79	7,6992
Al ₂ O ₃	32,20	5,2127
K ₂ O	8,39	1,4264
FeO	0,62	0,0695
TOTAL	100,00	

El oxígeno ha sido calculado por estequiometría.

El número de cationes se ha calculado sobre la base de 24 átomos de oxígeno.

La composición sería: $K_{1,43} Fe_{0,06} Al_{5,21} Si_{7,70} O_{20} (OH)_4$, que corresponde a una moscovita con algo de hierro.

Turmalina

La distribución de la turmalina es muy irregular; en general está concentrada en zonas o bandas; estas últimas están formadas por la agrupación de cristales en forma de agujas entrecruzadas de 1 cm. de largo, aunque se pueden llegar a reconocer

cristales de varios centímetros de eje mayor; siempre destaca por su color negro de la masa clara pegmatítica. Las restantes zonas carecen de turmalina o está en proporciones de alguna unidad por ciento.

Se presenta en cristales idiomorfos con fuertes colores de pleocroísmo que varían de incoloro a verde esmeralda; muchos cristales muestran una coloración verde más intensa en el borde, correspondiendo esta zonación a un enriquecimiento en hierro de las zonas más intensamente coloreadas, pero en algunos cristales el zonado es de carácter inverso al descrito.

Ocasionalmente la turmalina está parcial o casi totalmente alterada, a favor de fracturas, a mica blanca y clorita tipo ripidolita.

Los resultados de los análisis promedio de las turmalinas son:

	% en óxidos	Núm. de cationes en la fórmula
SiO ₂	39,41	7,5555
Al ₂ O ₃	32,84	7,4213
FeO	21,35	3,4239
Na ₂ O	3,38	1,2555
MgO	2,08	0,5950
K ₂ O	0,90	0,2208
TOTAL	99,98	

El oxígeno ha sido calculado por estequiometría.

El número de cationes se ha calculado sobre la base de 31 átomos de oxígeno.

Se ha descontado el contenido en B₂O₃, ya que el boro no puede analizarse. Lo mismo ocurre con el flúor.

La composición obtenida es: $Na_{1,25} K_{0,22} Mg_{0,59} Fe_{3,42} Al_{7,42} (Si_{7,55} O_{18}) (BO_3)_3 (OH, F)_4$

La composición obtenida corresponde a la variedad chorlo.

El comienzo de la cristalización de la turmalina es coetáneo con la moscovita, pero la turmalina continúa formándose en un amplio espacio de tiempo, por lo cual puede hablarse de un proceso de turmalinización, en el cual la turmalina crece a favor de direcciones cristalográficas de albita y microclina.

Datos experimentales de PICHAVANT (1983) sobre el papel del B₂O₃ indican que el boro aumenta la solubilidad de la sílice en la fase fluida acuosa y produce grandes modificaciones en la distribución del Na, K, Si y Al entre fundido y fase vapor. Mientras que la fase vapor en estos experimentos se enriquece en B, Si y Na, el fundido lo hace en K y Al; de ahí la coexistencia de la turmalinización con los procesos de albitización y potasificación que se describirán más adelante.

Granate

Es escaso. Se presenta en cristales idiomorfos de 0,3 mm. de diámetro medio.

Es prácticamente incoloro, algo crema rosado.

Los resultados de los análisis son:

	% en óxidos	Núm. de cationes en la fórmula
SiO ₂	46,52	3,4876
Al ₂ O ₃	23,84	2,1068
FeO	21,99	1,3790
MnO	7,65	0,4857
TOTAL	100,00	

El oxígeno ha sido calculado por estequiometría.

El número de cationes se ha calculado sobre la base de 12 átomos de oxígeno.

Composición obtenida:



que corresponde a un término de la serie almandino-espesartina, más próximo al almandino.

REEMPLAZAMIENTOS

Los reemplazamientos tienen distribuciones y formas irregulares. Sólo representan algunas unidades por ciento del volumen total de la pegmatita. Estas características son propias de formaciones pegmatíticas, UEBEL, P. J. (1977).

Todos los reemplazamientos que se van a describir originan cristales de menor tamaño que los preexistentes reemplazados, lo que concuerda con la teoría general de JAHNS, R. H. (1982).

Moscovitización

Existe una moscovitización que en ocasiones es ya una sericitización, que se desarrolla por zonas intergranulares, planos de crucero, microfracturas de zonas trituradas, etc.

En bastantes ocasiones la moscovitización se manifiesta en forma de haces fibroso-radiados, como suele ser característico en las pegmatitas.

Los reemplazamientos en pegmatitas suelen tener interés económico, principalmente en el caso de las moscovitizaciones por los contenidos en litio, pero ya hemos hecho notar que no es este el caso.

La moscovitización penetra por fracturas y rodea a cristales de plagioclasa, feldespato potásico y turmalina.

Albitización

Este proceso está mucho menos extendido que la moscovitización. Se desarrolla principalmente sobre feldespato potásico, siguiendo direcciones cristalográficas del mismo y microfracturas.

Potasificación

Reemplazamiento débilmente desarrollado. Afecta principalmente a la plagioclasa, desarrollándose a partir de los bordes de sus cristales, planos de macla y microfracturas.

RESUMEN DEL ESTUDIO DE LAS PEGMATITAS

Las pegmatitas graníticas estudiadas están encajadas en rocas metamórficas y sin relación directa espacial con intrusiones graníticas.

La inyección y cristalización de estos cuerpos es inmediatamente posterior a la fase principal de metamorfismo regional.

Según la clasificación petrogenética de pegmatitas graníticas de GINSBURG, corresponden a pegmatitas del tipo III, es decir, pegmatitas micáceas (GINSBURG et al., 1979).

En la clasificación de las pegmatitas que hace RUDENKO corresponderían a pegmatitas moscoví-

ticas, es decir, a aquellas que contienen moscovita entre sus componentes y se emplazan en niveles profundos (RUDENKO et al., 1975).

GINSBURG establece para las pegmatitas graníticas una relación entre el grado de metamorfismo de las rocas encajantes y el tipo de pegmatita; es lo que él llama «regla de correlación facial» (GINSBURG, A. I., et al., 1979), pero esta relación tan estrecha se ha demostrado que presenta desviaciones importantes (CERNY, P., 1982). De todas formas, se confirma que las pegmatitas micáceas estudiadas están confinadas por debajo de la isograda de la sillimanita, que las separaría de las pegmatitas cerámicas estériles que están en el campo de la sillimanita.

Los reemplazamientos descritos se han originado después de la cristalización de la fase silicatada, o incluso antes de cristalizar totalmente la misma. Son debidos a la fase acuosa supercrítica residual que se supone relativamente importante y ha sido la que al favorecer la difusión de los materiales ha producido la interacción entre la parte de pegmatita consolidada y los fluidos acuosos.

POSIBILIDADES ECONOMICAS

En España el 40 por 100 de la producción de feldespatos se extrae de pegmatitas, VÁZQUEZ GUZMÁN, F. (1987) y los mayores productores-exportadores de feldespatos lo obtienen de estas mismas rocas.

En la comercialización de las materias primas feldespáticas, los caracteres de mayor importancia, además de las propiedades físicas (punto de fusión, densidad, dureza, etc.) son la composición química y la granulometría. En cuanto a la composición química es determinante la cantidad de álcalis, hierro y alúmina. El contenido en álcalis es de gran importancia en la totalidad de la utilización de los feldespatos y es apreciado un alto contenido de los mismos.

La clasificación comercial de los feldespatos viene determinada por el contenido en álcalis dividiéndose en:

Feldespatos sódicos	(Na ₂ O) ≥ 7%
Feldespatos potásicos	(K ₂ O) ≥ 10%

Las pegmatitas estudiadas presentan una heterogeneidad en cuanto al contenido de sus com-

ponentes minerales. Los valores que se pueden manejar son: Plagioclasa con contenidos comprendidos entre 60-10 por 100, con un promedio del 35 por 100 del volumen total de la pegmatita. Cuarzo: entre el 50-10 por 100 con un promedio del 28 por 100. Feldespato potásico: entre el 55-5 por 100, con un promedio del 35 por 100. Moscovita: varía entre 25-0 por 100, con un valor medio del 10 por 100.

La plagioclasa de las pegmatitas estudiadas contiene 10,33 por 100 de Na₂O y el feldespato potásico tiene un contenido en K₂O de 13,31 por 100, ambos feldespatos cumplirían la cantidad requerida para ser vendibles.

El contenido en Al₂O₃ de los feldespatos es importante cuando se van a utilizar para vidrios, gres, etc., requiriéndose a veces contenidos superiores al 17 por 100, porcentaje que es alcanzado por el feldespato potásico (17,18 por 100) y más ampliamente en la plagioclasa (feldespato sódico), 21,29 por 100.

Los feldespatos analizados están exentos de impurezas colorantes como óxido de hierro.

Componentes minerales que contengan hierro en las pegmatitas estudiadas son turmalina, granate y, en cantidad notablemente inferior, moscovita. Dado que la presencia de granate es esporádica, sólo serían minerales a separar turmalina, principalmente (como impureza colorante), y moscovita.

Ya se ha visto que los feldespatos de estas pegmatitas no presentan problema ni en cuanto a su tamaño de grano, ni en cuanto a especificaciones de tipo químico, por lo que se podría llegar a un aprovechamiento de las mismas por medio de flotación y separación magnética, obteniendo concentrados de cuarzo, de feldespatos alcalinos y de moscovita. Dado que, en conjunto, estos minerales representan un 94 por 100 del volumen total, se podría llegar a un aprovechamiento integral de estos depósitos pegmatíticos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a D. Ramón Alvarez Rodríguez, director del Laboratorio Centralizado de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid, las facilidades dadas para la realización de los análisis de los

minerales, así como su valioso asesoramiento. Igualmente deseo agradecer a D. Fernando Vázquez Guzmán la lectura y comentarios a este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- CAPOTE, R. (1973): *Estudio geoestructural de los afloramientos metamórficos del N de la provincia de Avila*. Bol. Geol. Min., 86, pp. 209-228.
- CERNY, P. (1982): *Anatomy and classification of granite pegmatites*. Mineralogical Association of Canada. Short course in granite pegmatites in Science and Industry, vol. 8, pp. 1-39.
- GINSBURG, A. I.; TIMOFYEV, I. N., and FELDMAN, I. G. (1979): *Principles of geology of the granitic pegmatites*. Nedra Moscow, 296 pp.
- IGME: *Cartografía y memoria de la Hoja de Las Navas del Marqués*, núm. 532 (inédita).
- JAHNS, R. H. (1982): *Internal evolution of pegmatite bodies*. Mineralogical Association of Canada. Short course in granitic pegmatites in Science and Industry, volumen 8, pp. 293-327.
- PICHAVANT, M. (1983): *Melt-fluid interaction deduced from studies of silicate $B_2O_3 - H_2O$* . Bulletin de Minéralogie, 106, pp. 201-211.
- RUDENKO, S. A.; ROMANOW, V. A.; MORAKHOVSKIY, V. N.; YARASOV, E. B.; GALKIN, G. A., and DOROKHIN, V. K. (1975): *Conditions of formation and controls of distribution of muscovite objects of the North-Baikal muscovite province, and some general problems of pegmatite consolidation*. Muscovite pegmatites of the USSR, Nanka Leningrad, pp. 174-182.
- UEBEL, P. J. (1977): *Internal structure of pegmatites its origin and nomenclature*. N. Jb. Miner. Abh. 131, 1, pp. 83-113.
- VÁZQUEZ GUZMÁN, F., y MARINA, E. F. (1987): *The mining industry in Spain*. I. G. M. E.

Recibido: Julio de 1988.