Revista de la Asociación Geológica Argentina

Tomo XVI, N°s 1-2 (Enero-junio, 1961), págs. 15-34

ESTRUCTURA INTERNA DE LAS PEGMATITAS MICACIFERAS DE ALTA GRACIA, CORDOBA

Por AMILCAR O. HERRERA

Departamento de Geología. Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

El autor expone sus observaciones sobre las pegmatitas de la zona de Alta Gracia, Córdoba, República Argentina.

La mayoría de las pegmatitas estudiadas son cuerpos lenticulares o tabulares emplazados en fracturas de rumbo entre NS y N45E e inclinación 45 a 85 al NW, y son mineralógicamente y texturalmente zonales. El número de zonas es variable y oscila entre dos y cinco en los distintos cuerpos.

La secuencia generalizada de asociaciones mineralógicas presentes en las pegmatitas desde la periferia al centro es la siguiente: plagioclasa, cuarzo, muscovita; plagioclasa, cuarzo, microclino (con o sin muscovita); cuarzo, microclino, muscovita; microclino, cuarzo; cuarzo.

El autor discute brevemente las principales teorías que se han propuesto para explicar la génesis de las pegmatitas zonales, y llega a la conclusión de que la que supone la cristalización fraccional de un líquido magmátio en una cámara cerrada es la que mejor explica los hechos observados.

El autor propone un mecanismo para explicar la aparición, en algunos distritos, de pegmatitas cuya composición representa sólo una fracción de la composición media del grupo. Estas pegmatitas serían el resultado de la cristalización de fracciones del líquido magmático expulsadas del cuerpo pegmatítico —probablemente por la acción de fuerzas tectónicas— en diferentes etapas del proceso genético.

ABSTRACT

Pegmatite bodies containing mica occur in the area of Alta Gracia, province of Córdoba, Argentine.

The majority of the pegmatites are broadly lenticular or tabular, and their position is controlled by a fracture system trending NS to N45E and dipping 45 to 85 NW. All the pegmatites described are zoned, and the number of zones varies between two and five.

Material protegido por derechos de autor

The generalized sequence of mineral assemblages from wall inwards is as follows: plagioclase, quartz, muscovite; plagioclase, quartz, microcline (with or without muscovite); quartz, microcline, muscovite; microcline, quartz; quartz.

The author examines briefly the main theories proposed to explain the origin of the zoned structure, and concludes that the differentiation and crystallization of a pegmatite fluid in a restricted system is the most adequate explanation of the observed facts.

The author proposes a mechanims to account for the occurrence, is some districts, of pegmatites with composition that represents only a fraction of the average composition of the group. Those pegmatites would be the result of the crystalization of fractions of the magmatic liquid ejected from the pegmatite bodies-probably under the action of tectonic forces-at different stages of the genetic process.

INTRODUCCION

Las pegmatitas cuyos mapas y descripción figuran en el texto pertenecen, por su ubicación, a tres grupos distintos. El primero, que comprende las pegmatitas María Inés, Santa María, Sancti Spiritu, Piedra Blanca, El Aguila, La Codicia I y la Codicia II, está situado en las proximidades de Falda del Carmen, a unos 10 km al norte de Alta Gracia. El segundo, que incluye las pegmatitas Alto del Ají II, La Cruzada, Cuatro Hermanos y Astilla I, está ubicado en Potrero de Garay, a unos 20 km al SW de Alta Gracia y al oeste del embalse Los Molinos. La pegmatita La Chiquita se encuentra situada cerca del observatorio astronómico de Bosque Alegre, a unos 12 km al NW de Alta Gracia.

Las comunicaciones son, en general, buenas. Existe una red caminera, transitable todo el año, que cubre prácticamente toda la zona. La ciudad de Alta Gracia se comunica también, por líneas ferroviarias, con las ciudades de Córdoba, Río Tercero y Río Cuarto.

Las necesidades de agua están cubiertas ampliamente por numerosos arroyos y ríos de caudal permanente. El clima es excelente y permite el trabajo todo el año.

GEOLOGIA DE LA ZONA

El área donde se hallan emplazadas las pegmatitas objeto de este trabajo corresponde a la porción centro occidental de la Hoja Geológica 21 *i* "Alta Gracia" (en preparación) (6), estudiada por la doctora Verena Kull y el doctor Eduardo Methol.

La breve descripción de las principales características geológicas

Material protegido por derechos de autor

del distrito pegmatítico estudiado que sigue a continuación, ha sido hecha con la información extraída del texto de la Hoja mencionada.

La Hoja 21 *i* se halla ubicada en la región centro occidental de la provincia de Córdoba y abarca parte de la vertiente oriental de la Sierra Grande, un sector de la Sierra Chica y un tramo de la fosa tectónica o prolongación septentrional del valle de Calamuchita. La mitad oriental de la Hoja es la zona llana, donde sólo emergen algunas lomadas, tales como las denominadas Altos de Lagunilla, y las situadas al norte y sur de Despeñaderos.

Las formaciones geológicas integrantes son pocas y de litología uniforme. El basamento cristalino está constituído por rocas metamórficas, gneises, anfibolitas, calizas cristalinas y sepentinas, y rocas ígneas, granitos, pegmatitas y aplitas. La edad del proceso intrusivo sería precámbrica. Existe también una cubierta sedimentaria que comprende dos formaciones de desarrollo desigual: areniscas y conglomerados rojos referidos al triásico, y sedimentos aluvionales y conos de deyección del cuaternario.

El basamento cristalino está constituído esencialmente por un esquisto cuarzo-oligoclásico-biotítico-granatífero, en parte modificado por inyección ígnea. El granito se encuentra en la parte sudoccidental de la Hoja y corresponde al borde oriental del plutón de Achala. Es una roca de grano mediano, de color rosado, compuesta esencialmente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa (An 78-90 %) y muscovita. Siguiendo siempre a los autores mencionados, la composición mineralógica de una muestra tipo del granito es la siguiente:

Cuarzo	38,03
Fesdespato	29,48
Plagioclasa	23,50
Muscovita	8,97

Las líneas estructurales son simples y han originado una montaña de bloques que es abarcada parcialmente por la Hoja. Las fallas principales y secundarias siguen una dirección general norte-sur. El perfil es asimétrico con el frente occidental más abrupto.

LAS PEGMATITAS

Estructura externa

Forma: Resultó en general muy difícil determinar con exactitud la forma de las pegmatitas, debido sobre todo a los métodos con que

Material protegido por derechos de autor

estos cuerpos son explotados. El bajo rendimiento económico de la explotación y los medios primitivos con que ésta se realiza hacen que los mineros raramente efectúen trabajos "en estéril", limitando el laboreo estrictamente a los lugares con mica comercial visible e interrumpiéndolo, para comenzar en otro lado, en cuanto ésta desaparece.

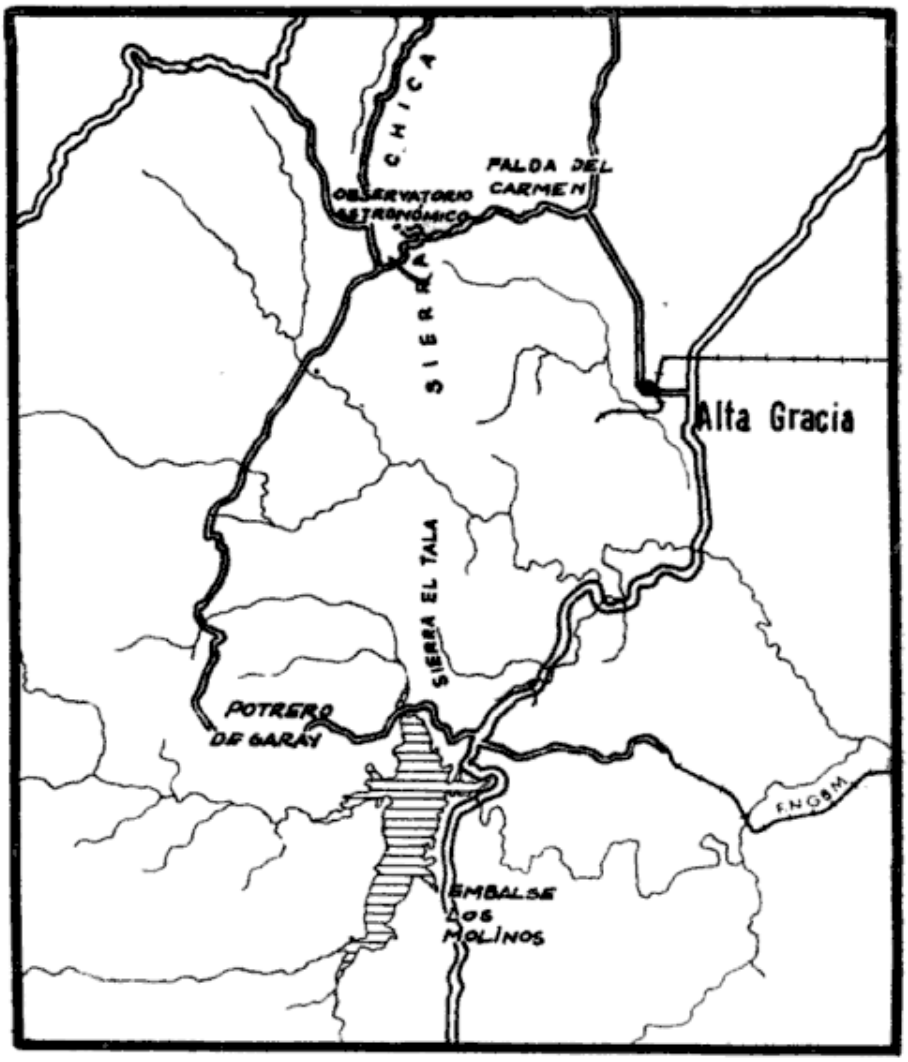


Fig. 1

El material extraído no aprovechable ("saca") es arrojado, para evitar el gasto que significa su acarreo fuera de la zona de trabajo, a las labores abandonadas más próximas, las que de esta manera quedan en poco tiempo totalmente obstruídas. No se toman medidas de seguridad de ninguna clase en las labores abandonadas aunque sea en forma transitoria, de modo que se hacen inaccesibles rápidamente por los derrumbes. Como consecuencia de todos estos factores, en la gran mayoría de las pegmatitas visitadas por el autor sólo pudieron reco-

Material protegido por derechos de autor

nocerse unos pocos metros de labores subterráneas, los que en general resultaron insuficientes para determinar en detalle, por observación directa, las características morfológicas de las mismas, especialmente en profundidad. Fue necesario, en consecuencia, complementar las observaciones efectuadas en los afloramientos y en los escasos trabajos

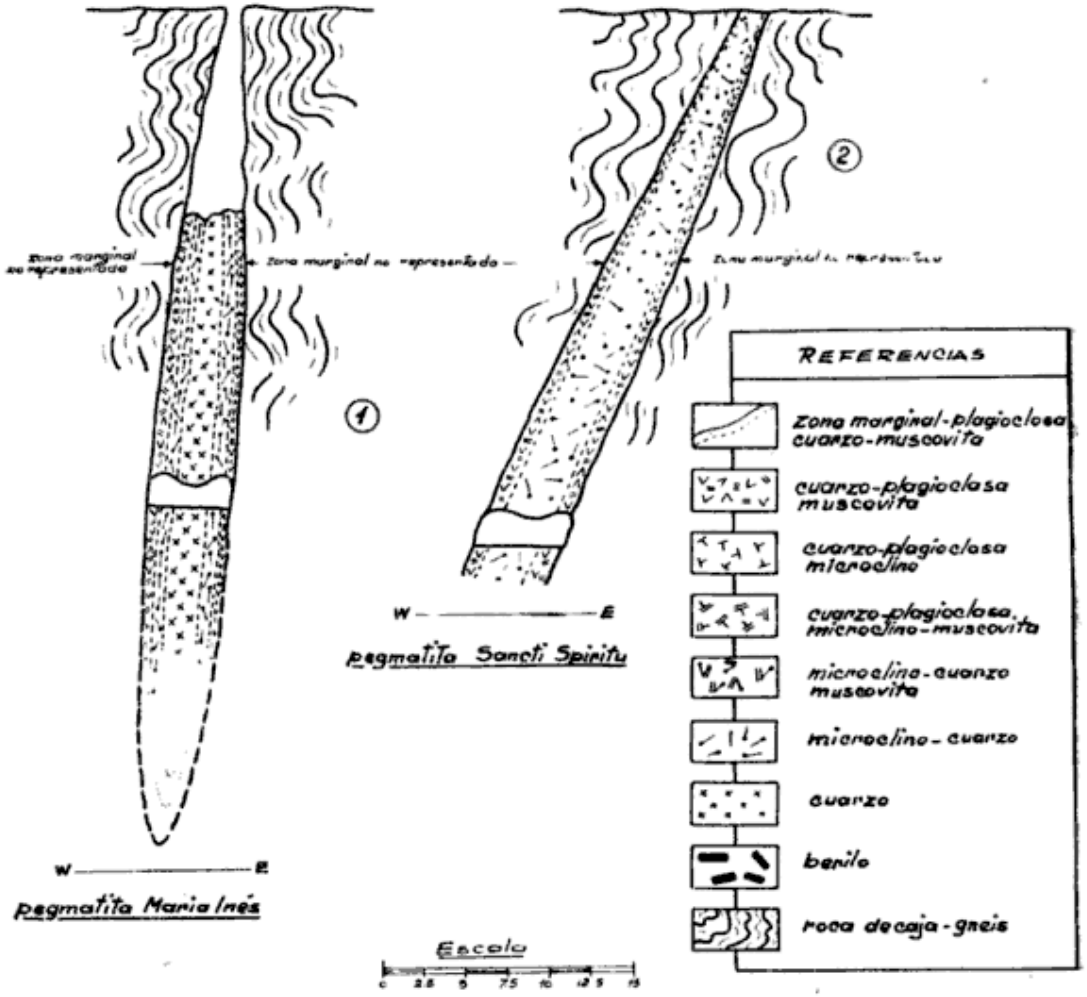


Fig. 2. — Cortes transversales de pegmatitas de Alta Gracia, Córdoba

accesibles con datos sobre las labores obstruídas aportados por los propietarios y obreros de los distintos yacimientos pegmatíticos.

La información obtenida de la manera expresada precedentemente indica que las pegmatitas estudiadas son lenticulares o tabulares. Entre las examinadas son lenticulares las pegmatitas María Inés (Lám. 2), Santa María, Sancti Spiritu (fig. 2), La Codicia I (fig. 3) y La Codicia II (fig. 3). La primera —María Inés— es un ejemplo típico. Se trata de un cuerpo lenticular de contorno elipsoidal, cuyo eje mayor, paralelo a la superficie y de unos 200 m de longitud, tiene rumbo

Material protegido por derechos de autor

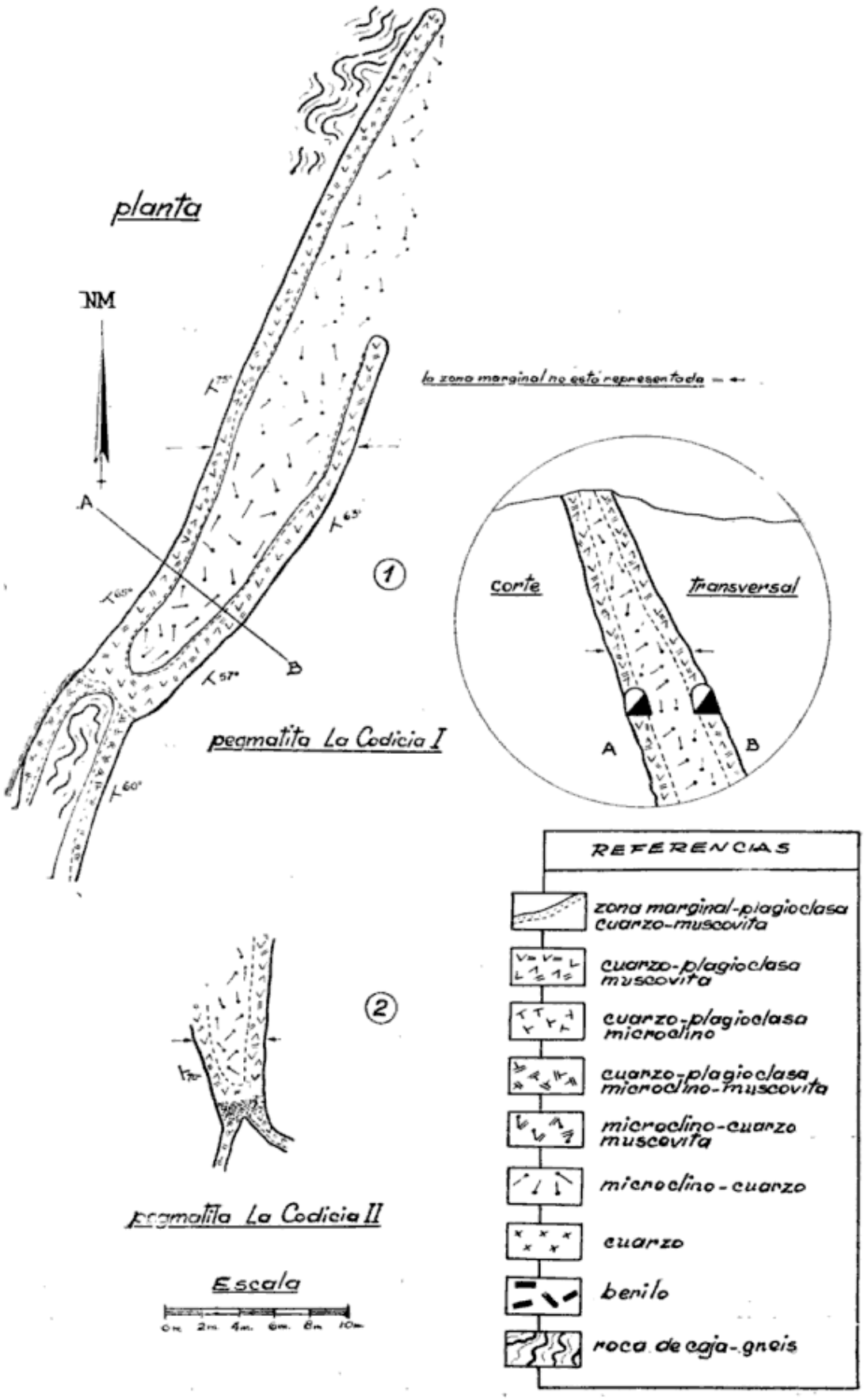


Fig. 3. — Pegmatitas de Alta Gracia. Córdoba

Material protegido por derechos de autor

N 7° W, y cuyo eje menor, de unos 50 m de longitud, buza 85° W. Como puede verse en la fig. 2, la reducida potencia en el afloramiento —0,8 m— indica que se trata de un cuerpo muy poco afectado por la erosión, y que por lo tanto sus dimensiones son aproximadamente las que tenía al ser emplazado. Para construir el perfil de la Lám. 2, desde los 30 m de la superficie hasta la terminación del cuerpo en profundidad debieron usarse los datos aportados por el capataz de la explotación, ya que todas las labores ubicadas por debajo del nivel mencionado están actualmente inundadas. En lo que respecta a los extremos de la pegmatita en las direcciones norte y sur, si bien no son observables por falta de trabajos de explotación, la disminución de la potencia en ambos sentidos indica también una terminación en forma de cuña.

En la fig. 3 se ve —en planta y en un perfil transversal— el extremo SW de la pegmatita La Codicia I. Es también un cuerpo aparentemente lenticular, con una potencia máxima reconocida —5 metros— igual a la de la pegmatita María Inés. La extensión en longitud y profundidad se desconoce por encontrarse en la primera etapa de explotación. Lo mismo sucede en La Codicia II (fig. 2), de características similares, pero más pequeña.

El resto de las pegmatitas mapeadas —El Aguila (fig. 4), Astilla Nº 1 (fig. 4), La Chiquita (fig. 5), Cuatro Hermanos (fig. 5), Alto del Ají (fig. 5), Piedra Blanca (fig. 4) y La Cruzada (fig. 4)— la mayoría de las cuales son o han sido explotadas a cielo abierto, aparecen como cuerpos tabulares de potencias que van desde poco más de 4 m en las pegmatitas La Chiquita y Cuatro Hermanos, hasta más de 20 m en la Piedra Blanca. Es muy probable que algunos de estos cuerpos pegmatíticos que aparecen como tabulares con la escasa exploración efectuada, sean realmente lenticulares, como los anteriormente descriptos.

Posición: La mayoría de las pegmatitas estudiadas se hallan alojadas en fracturas de rumbo entre NS y N 45° E e inclinación 45º a 85° al NW. Las pegmatitas Piedra Blanca y Astilla Nº 1 ocupan fracturas de rumbo N 30° W y N 50° W, respectivamente, y se inclinan al SW, es decir, aproximadamente paralelas al principal sistema de diaclasas de la zona.

Contacto con la roca de caja: En las pegmatitas examinadas se observa siempre acción de contacto sobre la roca de caja, pero su carác-

Material protegido por derechos de autor

ter e intensidad son sumamente variables. En la mayoría de los cuerpos estudiados se nota el desarrollo de foliación secundaria, paralela al contacto, hasta una distancia que raramente excede los 10 ó 15 cm.

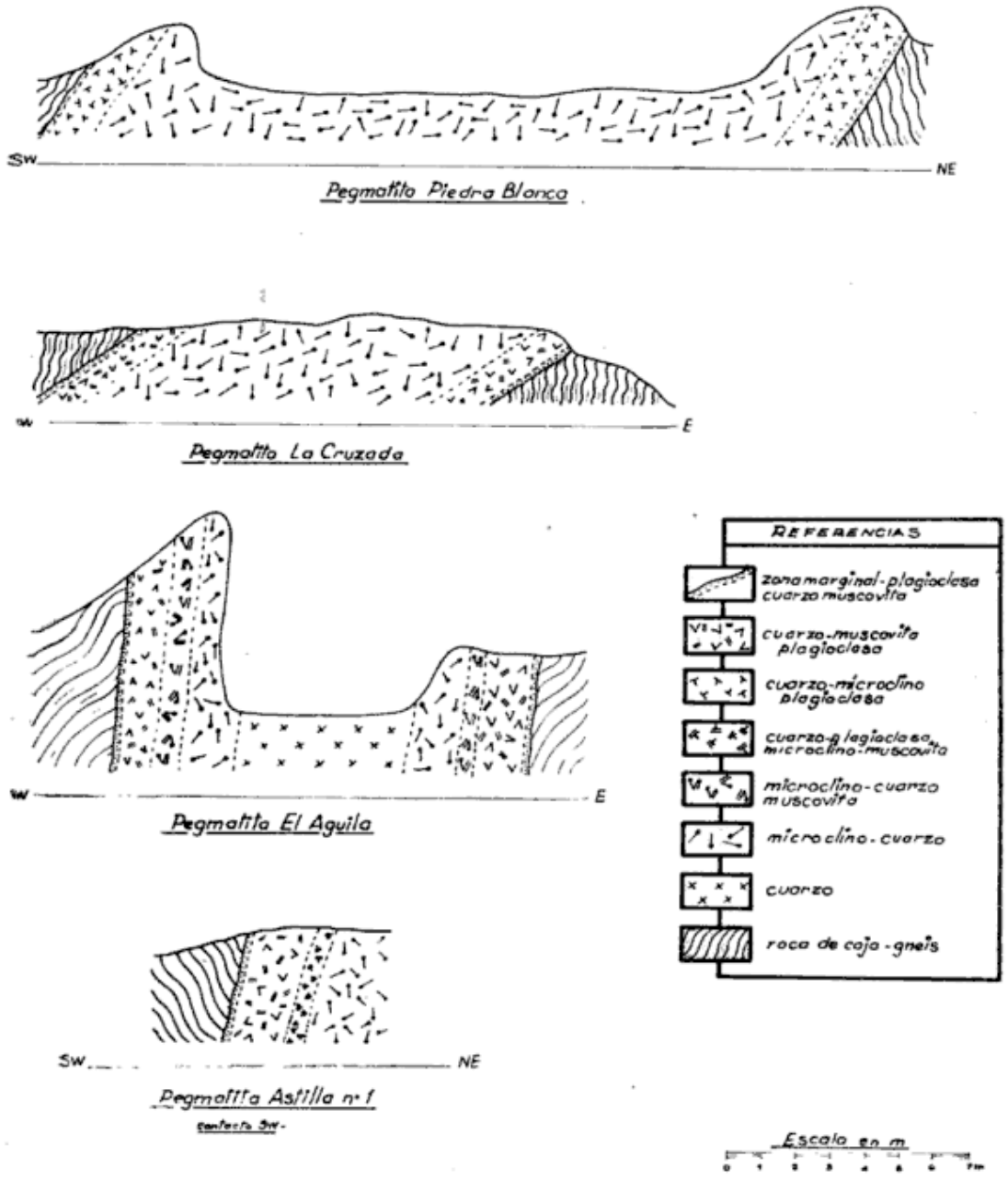


Fig. 4. — Cortes transversales de pegmatitas de Alta Gracia, Córdoba

En algunos otros, en cambio, como en la pegmatita Sancti Spiritu, el contacto corta netamente los planos de esquistosidad de la roca de caja, sin mostrar rastros del fenómeno mencionado.

En la mayoría de estas pegmatitas parece haberse producido una cierta transferencia de material hacia la roca de caja, acompañada de

Material protegido por derechos de autor

la recristalización, por lo menos parcial, de algunos componentes de la misma. En efecto, en las proximidades del contacto el esquisto

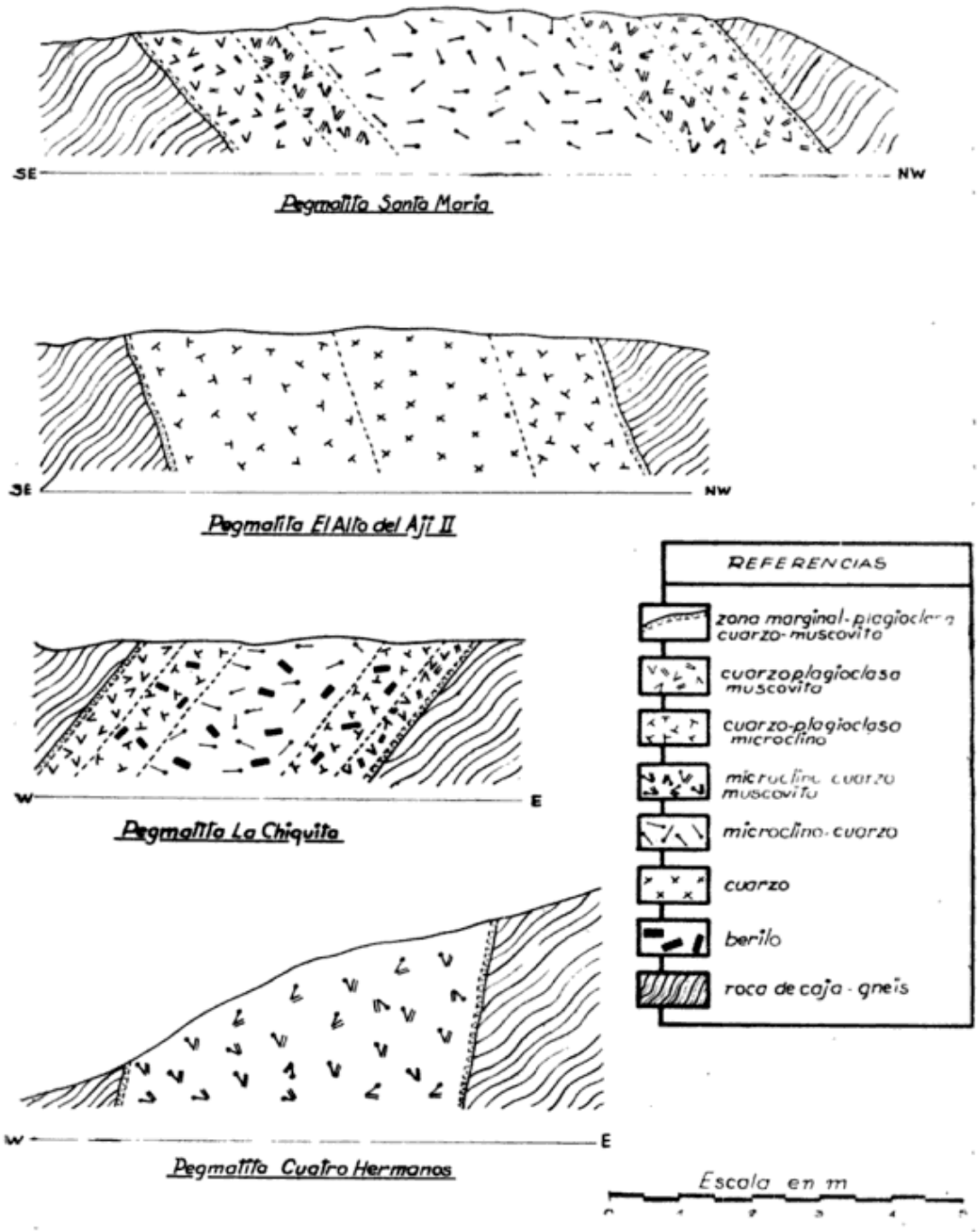


Fig. 5. — Cortes transversales de pegmatitas de Alta Gracia, Córdoba

muestra un aumento, tanto en la cantidad relativa de plagioclasa contenida, como en el tamaño de grano de este mineral. Se nota también la introducción de muscovita, que puede aparecer dispersa en las proximidades del contacto, o en una faja de 3 a 5 cm de espesor adosada

Material protegido por derechos de autor

al mismo. Los individuos de muscovita llegan a formar "paquetes" de 6 ó 7 cm de longitud, que atraviesan en algunas ocasiones el contacto y cuya posición no guarda relación con los planos de esquistosidad de la roca.

La transferencia de material de la roca de caja a las pegmatitas parece haber sido mucho menos intensa, y sólo se manifiesta por la presencia en la zona marginal de algunas pegmatitas de cristales pequeños y dispersos de biotita.

ESTRUCTURA INTERNA

Zonas:

Todas las pegmatitas estudiadas por el autor en la zona de Alta Gracia, con excepción de las muy pequeñas, que sólo tienen unos pocos centímetros de potencia, son mineralógica y texturalmente zonales. El número de zonas es variable y oscila desde un mínimo de dos en la pegmatita Cuatro Hermanos, hasta un máximo de cinco en la pegmatita El Aguila. El grado de desarrollo de las zonas es también variable, pero las marginales y externas están siempre notablemente bien formadas y constituyen envolturas completas alrededor de las zonas intermedias, o del núcleo cuando faltan aquéllas. Las zonas intermedias son más irregulares y en algunos casos forman capas o envolturas discontinuas de espesor variable. Los núcleos son generalmente continuos y ubicados simétricamente con respecto a los contactos laterales de las pegmatitas. Su posición, referida a los extremos superior e inferior de las mismas, no pudo ser determinada en ningún caso debido a la falta de exploración en profundidad.

En la parte central de las pegmatitas lenticulares estudiadas los contactos entre las diversas zonas son bien definidos y fáciles de determinar, aun en el caso de que existan zonas intermedias discontinuas y de espesor variable. En los extremos, en cambio, los contactos entre las zonas externas e intermedias se hacen menos netos, hasta desaparecer totalmente, quedando entonces una zona única cuya composición es la que resultaría de la combinación de las mencionadas.

En la descripción de las zonas que sigue a continuación se usará, al referirse a las texturas, la siguiente clasificación de tamaño de grano, tomada de Cameron (Cameron et al, 1949, pág. 16):

Fino	— de 2,5 cm
Medio	2,5 a 10 cm
Grueso	10 a 30 cm
Muy grueso	+ de 30 cm

Material protegido por derechos de autor

Zonas marginales: Las zonas marginales de las pegmatitas estudiadas, es decir las adosadas al contacto con la roca de caja, están compuestas esencialmente por plagioclasa, cuarzo y muscovita. Como minerales accesorios aparecen en algunas pegmatitas granate y biotita, este último mineral en cantidades muy pequeñas. Las cantidades relativas en que los minerales esenciales se encuentran presentes es muy variable, no sólo entre las distintas pegmatitas, sino también en diferentes porciones de un mismo cuerpo pegmatítico. El mineral predominante es la plagioclasa, que generalmente forma más del 50 por ciento de la zona, y en algunos casos, como en partes de la pegmatita La Chiquita, más del 90 por ciento. El mineral más escaso, entre los esenciales, es la muscovita, que raramente forma más del 20 por ciento de la zona y a veces falta casi completamente, como en la pegmatita María Inés.

El tamaño del grano oscila entre fracciones de milímetro en el borde externo de algunas zonas, hasta 2 ó 3 centímetros en algunos bordes internos, pero en general es de 2 a 10 milímetros. La textura es aplítica o granitoide, y se observa cierta orientación en los individuos de muscovita, los que tienden a presentarse con sus planos de clivaje dispuestos perpendicularmente al contacto. La plagioclasa se presenta en individuos idiomorfos, y en algunos casos forma un verdadero retículo de cristales tabulares en una matrix de cuarzo.

En la mayoría de las pegmatitas la zona marginal aparece dividida, desde el punto de vista textural, en dos fajas o subzonas bien definidas. La primera, pegada al contacto, es de grano muy fino (0,5 - 2 mm), y tiene una potencia que nunca excede de 1 cm; la segunda, en contacto con la zona externa, es más potente (2 a 5 cm) y el tamaño de grano puede llegar a 2 cm. En el contacto E de la pegmatita Sancti Spiritu se observa en la zona marginal la presencia de tres fajas, diferenciadas entre sí por sus caracteres texturales y mineralógicos. La faja externa, compuesta por plagioclasa y cuarzo, de grano muy fino, tiene una potencia de 0,5 a 2 mm; la media, con un espesor de unos 5 mm, está formada por una mezcla muy fina de plagioclasa, cuarzo, granate y muy poca muscovita y biotita; la interna, con un tamaño de grano de 3 a 15 mm y una potencia de unos 3 cm, está compuesta por plagioclasa, cuarzo, muscovita y muy poco granate. Esta división de las zonas marginales en bandas de distinta composición mineralógica, si bien es relativamente frecuente en otros distritos pegmatíticos del mundo (Cameron *et al*, 1949, pág. 30; Hutchinson, 1956, pág. 769), parece ser excepcional en la zona de Alta Gracia.

Material protegido por derechos de autor

La potencia de las zonas marginales de las pegmatitas estudiadas varía entre 1 y 6 cm aproximadamente, y es independiente del tamaño de las mismas. Dentro de una misma pegmatita el espesor de la zona oscila frecuentemente entre los límites extremos señalados.

Zona externa: La zona externa aparece bien desarrollada en todas las pegmatitas examinadas, con excepción de la Cuatro Hermanos, en la que la zona marginal se presenta en contacto con el núcleo.

Mineralógicamente están compuestas por plagioclasa, cuarzo y muscovita. En las pegmatitas Piedra Blanca y Alto del Ají II aparece también, aunque en cantidades menores, microclino pertítico. Como minerales accesorios se observan, en individuos aislados y pequeños, biotita y granate.

La plagioclasa es el mineral predominante, y su tamaño de grano varía desde medio en el contacto con la zona marginal, hasta grueso, y excepcionalmente, muy grueso en el borde interno de la zona. El cuarzo, que es el mineral que sigue en abundancia, se presenta en formas y tamaños de grano variables. En muchos casos, en una misma pegmatita este mineral aparece en algunas partes de la zona externa en forma de pequeñas inclusiones vermiformes o de contornos irregulares, de pocos milímetros de sección, dentro de la plagioclasa; y en otros, formando con este último mineral una mezcla equigranular de grano medio a muy grueso. Entre estos dos extremos pueden observarse todas las formas de transición, a veces en el espacio de unos pocos decímetros.

La muscovita aparece generalmente en individuos grandes y muy bien desarrollados, lo que hace que la mayor parte de la producción de mica comercial de la región provenga de la explotación de esta parte de las pegmatitas. Su distribución dentro de la zona no es uniforme, como sucede con los demás minerales, y en la mayor parte de los casos forma bandas ubicadas en los bordes o en el centro de la zona. En el primer caso se presenta generalmente en dos fajas de unos 10 ó 15 cm de potencia adosadas, una al contacto con la zona marginal, y la otra al contacto con el núcleo o la zona intermedia. Una variación de este tipo de distribución es la presencia, a veces, de una sola banda, que en general es la externa. Estas fajas están compuestas casi exclusivamente por muscovita, en individuos grandes, morfológicamente bien desarrollados, orientados al azar. Una característica interesante de estas bandas es que el tamaño de grano de la mica no guarda ninguna relación con su posición dentro de la zona, al contrario de lo que sucede con el

Material protegido por derechos de autor

cuarzo y la plagioclasa, que invariablemente aumentan de tamaño de grano hacia el centro de la pegmatita. En el segundo caso la mica se presenta en una banda central que tiene las mismas características que las anteriormente descriptas. En la pegmatita La Codicia I, en la parte SE de la zona externa (colgante), se observa en los primeros metros de la galería que la muscovita aparece en dos fajas laterales de unos 15 cm de espesor, viene luego una zona de transición de unos 3 m de longitud, en que la mica se presenta diseminada en todo el espesor de la zona, y se concentra después en una faja central de una potencia de 30 a 40 cm. En la mayoría de las pegmatitas estudiadas la irregularidad de los trabajos de explotación y la reducida extensión en que son accesibles, hacen difícil observar tan claramente transiciones como la descripta, pero la aparición, en diferentes labores de una misma pegmatita, de los tres tipos de distribución de la mica, lateral, central y diseminada, indican que éstas son muy frecuentes, tanto en sentido vertical como horizontal.

En la gran mayoría de las pegmatitas de la región estudiada las concentraciones más ricas de muscovita de la zona externa se encuentran en la parte colgante de ésta. Se observa también que la cantidad relativa de mica aumenta considerablemente en los lugares en que la zona externa se ensancha localmente, formando protuberancias ("bolsones"), que se proyectan en la roca de caja.

La composición media aproximada de las zonas externas de las pegmatitas mapeadas, en términos de minerales esenciales, es la siguiente: plagioclasa, 60 %; cuarzo, 35 %; muscovita, 5 %. Al calcular el porcentaje de mica se trató de eliminar el factor de error introducido por el hecho de que la mayoría de las labores han sido ubicadas, por razones obvias, en los lugares en que este mineral es más abundante. Es posible, no obstante, que la cifra dada sea todavía demasiado elevada.

Las potencias de las zonas externas oscilan entre 0,6 y 2 m para las distintas pegmatitas examinadas.

Zonas intermedias: Solamente en seis de las pegmatitas estudiadas —El Aguila, Astilla Nº 1, La Chiquita, La Codicia I, Santa María y María Inés— se nota la presencia de zonas intermedias entre la externa y el núcleo. Por su composición mineralógica pueden dividirse en dos tipos: uno, en el cual los minerales esenciales son microclino pertítico, cuarzo, plagioclasa y muscovita, y otro compuesto por microclino pertítico y cuarzo, con o sin muscovita.

Las zonas intermedias, compuestas por microclino pertítico, cuarzo,

Material protegido por derechos de autor

plagioclasa y muscovita, se presentan en los cuerpos pegmatíticos La Chiquita, Astilla Nº 1 y La Codicia. En la primera forma una zona continua, pero de potencia muy variable, que oscila entre 0,4 m y 1 m. En la Astilla nº 1 la zona intermedia, muy rica en mica, sólo puede observarse, en forma discontinua, en el flanco SW de la pegmatita. La gran cantidad de escombros provenientes de la explotación y la irregularidad de los trabajos efectuados hacen difícil su examen en detalle, pero aparentemente se trata de una serie de lentes de 0,5 m de potencia y 10 ó 15 m de longitud, ubicados irregularmente entre la zona externa y el núcleo. En La Codicia I la zona intermedia se halla muy poco desarrollada, y se presenta en el lado colgante de la pegmatita, en forma de varias lentes, la mayor de las cuales, ubicada cerca de la entrada de la galería, tiene unos 20 m de longitud. La potencia no puede ser determinada debido a que las labores, que siguen siempre la zona externa, no la atraviesan.

Las zonas intermedias de las pegmatitas El Aguila, Santa María y María Inés —compuestas por microclino pertítico y cuarzo, con o sin muscovita— son más potentes y mejor desarrolladas que las del grupo anteriormente descripto. En El Aguila se presentan dos zonas intermedias, diferenciándose la interna por el grano más grueso y la ausencia de muscovita.

En los dos tipos de zonas intermedias las cantidades relativas de los minerales presentes son mucho más variables que en las demás unidades componentes de los cuerpos pegmatíticos. En el primer tipo, las zonas intermedias de La Codicia I y Astilla Nº 1 están compuestas por microclino pertítico, cuarzo y plagioclasa en cantidades aproximadamente iguales; en La Chiquita, en cambio, el cuarzo falta casi completamente. En el segundo grupo, en las pegmatitas El Aguila y Santa María el cuarzo y el microclino se presentan en igual proporción, a diferencia de la Santa Inés, cuya zona intermedia está compuesta casi exclusivamente por el segundo de los minerales mencionados. La muscovita aparece en todos los casos en poca cantidad y en individuos chicos, exceptuando en Astilla Nº 1, en la que se presenta en tamaños comerciales en una faja central.

Como minerales accesorios se observan, en individuos pequeños y aislados, granate y berilo.

El tamaño de grano varía entre medio y muy grueso, y la potencia entre 0,4 m y 1,5 m.

Material protegido por derechos de autor

Núcleos: En tres de las pegmatitas estudiadas —El Aguila, María Inés y Alto de Ají II— el núcleo está formado solamente por grandes masas de cuarzo. En todas las demás esta unidad está compuesta por cuarzo y microclino pertítico. El grano es muy grueso y los dos minerales se encuentran presentes en cantidades aproximadamente iguales. En todos los casos aparece también algo de muscovita.

El microclino pertítico forma frecuentemente intercrecimientos con cuarzo, pero sólo raramente llega a las formas geométricas típicas del granito gráfico.

Relleno de fracturas.

En los cuerpos pegmatíticos estudiados, el tipo más simple de relleno de fracturas se observa en la pegmatita El Aguila, en la que varias venas de cuarzo de unos 10 cm de potencia atraviesan, partiendo del núcleo, las zonas intermedias y parte de la externa, sin llegar a la caja.

En casi todas las pegmatitas examinadas se presentan masas formadas por una mezcla de grano fino — 1 a 3 cm — de cuarzo y muscovita. Son cuerpos tabulares, con potencias de 5 a 15 cm, de contorno irregular y cuya dimensión mayor raramente exceda los 3 metros. Estas unidades alcanzan su mayor desarrollo, en lo referente al tamaño, en el núcleo, pero se las encuentra en todo el cuerpo pegmatítico, con excepción de la zona marginal y el borde exterior de la zona externa. El tamaño de grano y la composición — aproximadamente 60 % de cuarzo y 40 % de muscovita — son constantes.

SECUENCIA DE LAS ASOCIACIONES MINERALOGICAS

Todas las pegmatitas estudiadas en la zona de Alta Gracia presentan — además de una estructura zonal semejante — la misma secuencia de asociaciones mineralógicas de la periferia al centro. En la columna de la izquierda de la tabla I se muestra — en términos de minerales esenciales — la secuencia generalizada de asociaciones mineralógicas para todas las pegmatitas, y en las de la derecha las asociaciones presentes en cada una de ellas. Ninguna de las pegmatitas examinadas presenta todas las asociaciones mineralógicas determinadas para el distrito, pero el orden en que éstas aparecen es siempre el establecido para el grupo.

Las asociaciones números 2, 3, 4 y 5 se hallan representadas, siempre

Material protegido por derechos de autor

TABLA I

Asociaciones mineralógicas de las pegmatitas de Alta Gracia

	Piedra Blanca	Astilla nº 1	La Codicia I	La Cruzada	La Chiquita	Sancti Spíritu	María Inés	La Codicia II	Santa María	El Aguila	Alto delAjí II	Cuatro Hermanos
1. Plagioclasa-cuarzo muscovita.....	X	X2	X2	X2	X2	X2	X2	X2	X2	X2	X	X
2. Plagioclasa-cuarzo microclino (con o sin muscovita).....	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	X	—
3. Cuarzo-microclino muscovita.....	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X	—	X
4. Microclino-cuarzo..	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	—	—
5. Cuarzo.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X	—

X, Asociación mineralógica presente en una sola zona.

X2, Asociación mineralógica presente en dos zonas diferenciadas en base a la textura y/o cantidades relativas de los minerales contenidos.

que aparecen en una pegmatita, por una sola zona. La asociación mineralógica nº 1, en cambio, se presenta siempre, exceptuando en las pegmatitas Piedra Blanca, Alto del Ají II y Cuatro Hermanos, en dos zonas: la marginal y la externa. Las asociaciones mineralógicas nº 1 — plagioclasa, cuarzo y muscovita — y nº 4 — microclino pertítico y cuarzo — son las más constantes. La primera se presenta en todas las pegmatitas tabuladas y la segunda falta solamente en la María Inés, Alto de Ají II y Cuatro Hermanos.

Las pegmatitas de Alta Gracia muestran también — como surge del examen de la secuencia de asociaciones mineralógicas expuesta en la tabla I — el característico aumento de acidez hacia el centro, observado por numerosos autores en las pegmatitas zonales de otras partes del mundo. Este hecho se nota no solamente por los cambios de composición — en términos de minerales esenciales — de las distintas zonas, sino también por la variación sistemática de la composición de las plagioclasas. El estudio de 27 muestras de plagioclasas tomadas en diferentes niveles de los cuerpos pegmatíticos muestra, en efecto, que la composición media aproximada de las mismas, para cada zona, es la siguiente:

Material protegido por derechos de autor

Zona marginal: oligoclasa media a básica (An 20-25);
Zona externa: oligoclasa media a ácida (An 10-20);
Zona intermedia: albita-oligoclasa (An 5-15).

En algunos casos, sobre todo en la zona externa, la composición de las plagioclasas se aparta bastante de la composición media consignada — en la zona externa de la pegmatita Santa María, por ejemplo, la plagioclasa es una albita media (An 4) y en la Codicia I una oligoclasa básica (An 25) — pero dentro de cada cuerpo pegmatítico, el contenido de anortita es siempre menor en las zonas más próximas al núcleo.

En la zona externa de la pegmatita Sancti Spiritu se efectuó un muestreo para determinar si la variación sistemática en la composición de las plagioclasas se produce también dentro de una misma zona. Se encontró así que la plagioclasa del borde externo de la zona es una oligoclasa-media (An 20) y la del borde interno una albita-oligoclasa (An 10). En consecuencia, el aumento de acidez dentro de una misma zona hacia el centro del cuerpo pegmatítico se produce en este caso. Es evidente, no obstante, que sólo el muestreo detallado de las zonas de muchas pegmatitas permitirá establecer si el resultado obtenido en este caso puede ser generalizado.

GENESIS

Las pegmatitas han sido objeto de la atención de numerosos investigadores en el curso de la historia de los estudios geológicos. No obstante, recién en las últimas décadas, y a través de la información obtenida mediante el estudio de la estructura interna y de la paragénesis de los minerales constituyentes de numerosas pegmatitas de diversas partes del mundo, se ha podido elaborar una teoría genética en cuyos términos generales están de acuerdo la mayoría de los autores, según lo demuestra la revisión de la literatura geológica de los últimos cincuenta años hecha por Jahns (Jahns, 1955, págs. 1072-75). Según esa teoría, válida sobre todo para las pegmatitas zonales, o para aquellas en que la paragénesis de los minerales contenidos se ha podido determinar con cierta exactitud, los cuerpos pegmatíticos se originan por la cristalización fraccional de un magma, o de un fluido de derivación magmática, en una cámara cerrada. Las zonas representan, en consecuencia, generaciones de cristales depositados en capas sucesivas en las paredes de la cámara, y se deben primariamente a cristalización diferencial (Camerón, 1949, pág. 105). El orden de cristalización es, como

Material protegido por derechos de autor

lo demuestra el estudio de gran número de pegmatitas cuya composición nadie media varía desde granito a gabro, enteramente compatible con el principio de reacción enunciado por Bowen (Jahns, 1955, pág. 1091). Los detalles del proceso han sido expuestos, entre otros, por Cameron, en el trabajo ya citado, Jahns (5) y Flawn (Flawn, 1951).

Las pegmatitas estudiadas por el autor en Alta Gracia y Valle Fértil (Herrera, 1958), muestran una gran similitud — tanto en estructura como en secuencia de asociaciones mineralógicas — con las pegmatitas zonales de otras partes del mundo, y es indudable que el proceso genético expuesto por los autores ya citados es igualmente válido para ellas. Además, como lo señalan Hutchinson y Claus (Hutchinson and Claus, 1956, pág. 757-780), la similitud de las asociaciones mineralógicas y de su secuencia, en pegmatitas ubicadas en distritos ampliamente distribuídos en todo el mundo es una de las evidencias más fuertes en favor de la teoría de la cristalización de un léquido en una cámara cerrada. Cualquiera de las soluciones propuestas basadas en procesos metamórficos difícilmente explicaría resultados tan semejantes en ambientes geológicos distintos. La teoría denominada "sistema abierto" (open-system theory) — según la cual las pegmatitas se formarían por relleno progresivo, acompañado o no por reemplazo, efectuado por soluciones de composición cambiante circulando por canales abiertos es — en opinión del autor— una complicación innecesaria de la teoría del sistema o cámara cerrada. El problema del origen y evolución de las soluciones sigue siendo esencialmente el mismo, pero resulta muy difícil explicar hechos tales como el envolvimiento completo de las zonas internas por las externas, y el sentido en que cambia la composición de las plagioclasas. El caso de las pegmatitas que estamos considerando es ilustrativo. En los cuerpos suficientemente explorados se observa que cada zona envuelve siempre totalmente a la que le sigue, haciendo insostenible, en consecuencia, la hipótesis de su formación por capas sucesivas depositadas en canales abiertos por soluciones cuya composición cambia progresivamente. La otra posibilidad, siempre dentro de la hipótesis del sistema abierto, es que las zonas se forman mediante reemplazos periféricos sucesivos de una pegmatita masiva preexistente, por soluciones circulando entre la roca de caja y la pegmatita. En este caso, como lo señala Cameron (Cameron et al., 1949, pág. 102), las zonas periféricas, formadas al final del proceso, serían más ácidas que las centrales, dando así una secuencia de asociaciones mineralógicas inversa de la que se observa en todas las pegmatitas zonales del mundo.

Material protegido por derechos de autor

La teoría de la cristalización fraccional de un líquido magmático en una cámara cerrada permite explicar también fácilmente la aparición, en algunos distritos, de pegmatitas cuya composición representa sólo una fracción de la composición media del grupo. Estas pegmatitas serían el resultado de la cristalización de fracciones del líquido magmático expulsadas de los cuerpos pegmatíticos — probablemente por la acción de fuerzas tectónicas — en diferentes etapas del proceso genético. La pegmatita Cuatro Hermanos es un ejemplo típico del mecanismo propuesto. Su composición — cuarzo y microclino pertítico, es decir, la correspondiente al núcleo de las pegmatitas del distrito — se explica suponiendo que se originó por la cristalización del líquido residual eyectado de una pegmatita en la fase final de su formación. En la pegmatita La Codicia II puede observarse el proceso descripto, en una etapa incipiente de desarrollo. En el extremo sur de dicho cuerpo pegmatítico se presentan dos prolongaciones, una hacia el SE y otra hacia el SW (fig. 3). La composición de la primera —plagioclasa, cuarzo, muscovita y algo de microclino pertítico— corresponde aproximadamente a la media de la pegmatita, y debe haberse originado por la inyección del líquido magmático en una fractura, durante la fase inicial del proceso de cristalización. En cuanto a la prolongación hacia el SW, cuya composición —plagioclasa, cuarzo y algo de muscovita— corresponde a la del núcleo, se originó probablemente por el mismo mecanismo, pero en una etapa posterior, cuando la zona externa estaba ya consolidada. En La Codicia I (fig. 3), el fenómeno descripto se repite, pero por la composición del material que rellena las fracturas la inyección debió producirse al comenzar la cristalización del cuerpo principal.

La génesis de las unidades de relleno descriptas en la página 9 pueden explicarse también por el mecanismo anteriormente expuesto, es decir, por la inyección en fracturas formadas en las porciones ya consolidadas del cuerpo pegmatítico de parte del líquido residual. La composición de estas unidades —siempre igual o más ácida que la de las partes de las pegmatitas que les sirven de roca de caja— es un argumento en favor de esta hipótesis.

Con respecto a los líquidos magmáticos que formaron las pegmatitas, es muy probable que provengan del magma granítico que originó el batolito de Achala.

Material protegido por derechos de autor

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. Camerón, E. N., Jahns, R. H, MacNair, A. N., Page, L. R., 1949. *Internal structure of granitic pegmatites.* Economic Geology. Monograph 2.

2. Flawn, P. T., 1951. *Pegmatites of the Van Horn Mountains.* Economic Geology, vol. XLVI, pág. 163-192.

3. Herrera, A. O., 1958. *Estructura Interna de las Pegmatitas Micacíferas de Valle Fértil (provincia de San Juan).* Contribuciones Científicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Vol. II, nº 1.

4. Hutchinson, R. W. and Claus, R. J., 1956. *Pegmatite Deposits in the Alto Ligonha Region of the Portuguese East Africa.* Economic Geology, vol. LI, pág. 757-780.

5. Janhs, R. H., 1955. *The Study of Pegmatites.* Economic Geology. Fiftieth Anniversary Volume, pág. 1025-1130.

6. Kull, V., Methol, E., *Hoja Geológica 21 i "Alta Gracia"* (en preparación).

Dirección Nacional de Geología y Minería.

Manuscrito recibido en agosto de 1961.

Material protegido por derechos de autor