

LAS PEGMATITAS DE LA SIERRA DE SAN LUIS

ESTRUCTURA INTERNA, MINERALOGIA Y GENESIS

Por AMILCAR O. HERRERA

(Departamento Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires)

RESUMEN

Prácticamente todas las pegmatitas estudiadas son esencialmente tabulares, con longitudes que varían entre los 50 ó 60 m, y los 300 m y potencias que oscilan entre los 3 y los 20 m. Todos los cuerpos son zonales, y el número de zonas varía entre tres y cinco en las diferentes pegmatitas. Se describen las características texturales y mineralógicas de las zonas.

La secuencia generalizada de asociaciones mineralógicas presentes en las pegmatitas de la periferia al centro es la siguiente: plagioclasa-cuarzo-muscovita, cuarzo-plagioclasa, microclino-cuarzo-plagioclasa, microclino-cuarzo-plagioclasa-espodumeno, espodumeno-cuarzo-microclino, espodumeno-plagioclasa-cuarzo, plagioclasa-lepidolita-amblygonita, cuarzo-microclino, cuarzo.

En todas las pegmatitas se observan cuerpos de reemplazo ubicados en su mayor parte en las zonas intermedias y núcleos y compuestos principalmente por albita, muscovita o cuarzo. Se estima que, como término medio, no constituyen más del 3 al 5 % del volumen total de los cuerpos. Se describen también las unidades de relleno.

Se describe la ocurrencia, asociaciones y distribución zonal de los minerales principales de las pegmatitas. Se incluyen tablas que muestran las cantidades relativas de los minerales principales que se formaron en los diferentes estadios del proceso genético, dividiendo a las pegmatitas en dos grupos, según contengan o no minerales de litio.

Se discuten los problemas de génesis y se concluye que las zonas se habrían originado por la cristalización fraccional de un líquido magmático inyectado en fracturas preexistentes, y las unidades de reemplazo y de relleno por la acción de fluidos residuales provenientes del interior de los cuerpos. Las unidades compuestas por cleavelandita, lepidolita y amblygonita presentan un problema genético más complejo, y se supone que su emplazamiento se ha producido en las etapas finales de la evolución de la pegmatita y, por lo menos en parte, por reemplazo.

Se explica la formación de una pegmatita de grano fino, compuesta por espodumeno, albita, microclino y muscovita, suponiendo que en la fase final de la evolución de una pegmatita lítica una porción del líquido residual fue inyectado y cristalizó lejos del cuerpo original, perdiendo en el proceso gran parte de los volátiles que contenía.

ABSTRACT

Practically all the pegmatites studied are essentially tabular. Their length vary between 50 or 60 m and 300 m, and widths between 3 and 20 m. All the bodies are zoned, and the number of these varies between three to five in the different pegmatites. The mineralogic and textural features of the zones are described.

The generalized sequence of mineral assemblages from the walls inwards, is as follows: plagioclase-quartz-muscovite, quartz-plagioclase, microcline-quartz-plagioclase, microcline-quartz-plagioclase-spodumene, spodumene-quartz-microcline, spodumene-plagioclase-quartz, plagioclase-lepidolite-amblygonite, quartz-microcline, quartz.

Replacement bodies have been found in all pegmatites, the majority of them in the intermediate and core zones, and are composed principally of albite, muscovite and quartz. An average estimate indicates that these do not constitute more than 3 to 5 % of the total volume of the pegmatites. Fracture fillings are also described.

The occurrence, association and zonal distribution of the principal pegmatite minerals are described. Tables are given showing the relative quantities of the principal minerals formed during the different stages of the genetic process. The pegmatites are separated into groups according to the presence or absence of lithium minerals.

The problem of their genesis is discussed and the formation of zones is attributed to the fractional crystallization of a magmatic liquid injected into preexisting fractures, while that of the replacement and fracture filling units, is considered to be due to residual fluids from the interior of the bodies. The origin of units composed of cleavelandite, lepidolite and amblygonite is more complex. They are supposed to have been emplaced during the final stages of the pegmatite evolution and, at least in part, by replacement.

The origin of a fine-grained pegmatite consisting of spodumene, albite, microcline and muscovite is attributed to the injection of a residual liquid formed during the last stages of the pegmatite evolution which, having crystallized far from the original body, lost most of the contained volatiles during the process.

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte de la serie de estudios emprendidos por el autor con el objeto de determinar las características principales de las pegmatitas de los distritos más importantes del país, en particular desde el punto de vista de la estructura interna y génesis. Los dos primeros trabajos de la serie ya han sido publicados (Herrera, 1958, 1961) y los restantes se hallan en la etapa de redacción.

Durante la realización del trabajo de campo se examinaron alrededor de 60 pegmatitas. Las 17 cuya descripción detallada figura en el texto fueron seleccionados porque por sus características geológicas y distribución areal constituyen una muestra representativa de los cuerpos pegmatíticos de la zona. Además, en todas ellas se han efectuado trabajos de exploración y explotación que permiten el reconocimiento de las zonas internas.

Aunque el título del trabajo se refiere a las pegmatitas de la Sierra de San Luis, se han incluido algunas ubicadas cerca del borde occidental de la Sierra de Comechingones, en la provincia de Córdoba, por su proximidad geográfica y porque presenta caracteres muy similares a las del grupo principal.

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al personal de la Dirección de Minería y Fomento Industrial de la provincia de San Luis y en especial a su ex director, Sr. Carlos J. Valerdi y a los señores J. D. Castellani y Ernesto Moni por la ayuda material

prestada en el trabajo de campo. Los señores Hugo Corbella y Rogelio Clayton colaboraron en el trabajo de laboratorio y el Sr. Nello Duranti realizó la mayoría de los dibujos que acompañan al texto.

GEOLOGIA GENERAL

La mayor parte de la información que sigue ha sido extraída de las descripciones de las hojas geológicas 22 g Quines (González, 1957); 23 g, San Francisco (Pastore y González, 1954); 24 g, Saladillo (Pastore y Ruiz Huidobro y 22 h (Ruiz Huidobro) Santa Rosa.

En la Sierra de San Luis predominan ampliamente las rocas del basamento cristalino constituídas principalmente por micacitas gneisísicas, esquistos filíticos o cuarcíticos con paso a micacitas sericíticas, e intrusiones de granitos con derivados aplíticos y permatíticos.

Las micacitas gnésicas, que predominan en la parte occidental de la sierra, están compuestas por cuarzo, biotita, muscovita y oligoclasa, siendo los dos minerales mencionados en primer término los más abundantes. Las otras rocas metamórficas mencionadas están compuestas predominantemente por cuarzo, biotita, sericita y oligoclasa. En cuerpos pequeños y dispersos se encuentran también calizas cristalinas y anfibolitas. Todo este complejo metamórfico ha sido en gran parte afectado por un intenso proceso de migmatización con inyecciones venosas y nodulares de cuarzo, microclino y oligoclasa.

Los cuerpos graníticos que afloran en la zona son de características bas-

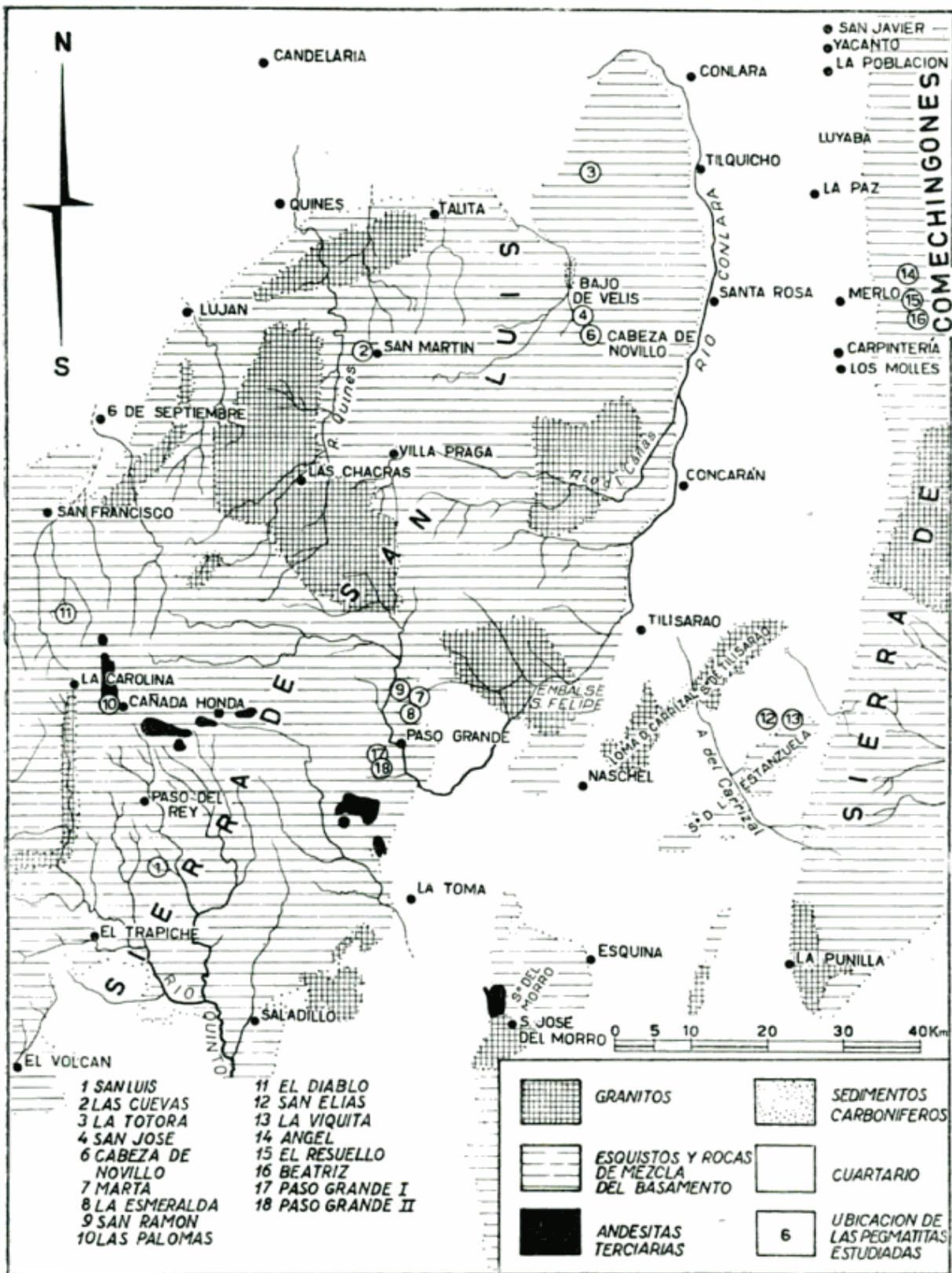


Fig. 1. — Esquema geológico del área de trabajo. (Recopilado de las hojas 22 g Quines, 23 g San Francisco, 24 g Saladillo y 22 h Santa Rosa)

tante uniformes y tienen como componentes principales feldespato potásico, plagioclasa (oligoclasa), cuarzo y bio-

tita. Las traquiandesitas terciarias que afloran en una línea discontinua que va desde la Sierra del Morro hasta Las

Carolinas constituyen el único elemento efusivo importante de la zona.

La cubierta sedimentaria está representada en el área serrana por el conjunto de conglomerados, areniscas y lutitas del Carbónico superior del Bajo de Velis, y por los sedimentos cuaternarios que aparecen en algunas planicies elevadas o rellenando valles intermontanos.

El mapa de la figura 1, que muestra la distribución de los elementos litológicos mencionados y la ubicación de las pegmatitas estudiadas, ha sido confeccionado en base a la información extraída de los trabajos ya citados.

Estructura:

En las sierras de San Luis y Comechingones actuaron, igual que en el resto de las Sierras Pampeanas, dos ciclos tectónicos principales. El primero, de edad prepaleozoica, es el que originó la estructura interna del basamento — ejes de plegamiento, esquistosidad — (González Bonorino, 1950). El segundo, que tuvo lugar en el Terciario superior, produjo la estructura de montañas de bloques característica de las Sierras Pampeanas. En las Sierras de San Luis las líneas principales de fracturación tienen rumbos NS y EW originando un complejo sistema de bloques diferencialmente ascendidos e inclinados. El bloque de la Sierra de Comechingones ha sido levantado por un sistema de fallas paralelas de rumbo general NS, con las fracturas de mayor rechazo en el lado occidental (Methol).

LAS PEGMATITAS

Forma, dimensiones y posición:

La mayoría de las pegmatitas estudiadas han sido explotadas sólo en forma superficial y en extensiones reducidas, por lo que resulta difícil conocer en detalle sus características morfológicas. La descripción que sigue, en consecuen-

cia, sólo se refiere a los rasgos morfológicos más salientes.

Prácticamente todas las pegmatitas de la zona son tabulares, y si bien presentan ensanchamientos y constricciones locales la forma general es notablemente regular. La potencia de los cuerpos oscila entre 3 y 20 metros, pero en la mayoría de los casos es de 5 a 7 metros. Las longitudes varían entre 50 ó 60 metros y más de 300 metros. La relación entre la longitud y el espesor tiene valores comprendidos entre 1 : 10 y 1 : 50, aproximadamente.

No se conoce la extensión en profundidad en ningún cuerpo, pero las observaciones realizadas en otros distritos, tanto argentinos como extranjeros (Jahns, 1952), (Herrera, 1961), permiten suponer que esa extensión es probablemente menor o aproximadamente igual a la longitud del afloramiento.

Los rumbos predominantes en las pegmatitas examinadas son NNE y NNW, pero existen algunas excepciones, como los cuerpos Marta y Las Palomas, que se orientan en dirección EW. Las inclinaciones oscilan entre 20° y 80°, aunque las más frecuentes están comprendidas entre 50° y 70°.

Relación con la roca de caja:

La mayoría de las pegmatitas son discordantes con respecto a la foliación de los esquistos, aunque unas pocas son total o parcialmente concordantes. La pegmatita Las Cuevas, intercalada en una serie de pliegues cuya amplitud varía entre unos pocos decímetros y varios metros, es un caso excepcional de cuerpo concordante.

Los contactos con la roca de caja son en general netos y en algunas partes muy irregulares en detalle, con indentaciones y protuberancia que penetran en el cuerpo pegmatítico.

La aureola de alteración es de extensión variable, pero en general no tiene

más que unos pocos milímetros de espesor. Es difícil de distinguir a simple vista, porque la roca mantiene su textura original y en general falta la foliación secundaria que es común en muchos distritos (Cameron et al., 1949). Los minerales principales introducidos en la zona de alteración son muscovita, topacio, turmalina y algo de plagioclasa.

Tectónica:

Los procesos tectónicos han actuado en forma desigual sobre las pegmatitas de la zona. Las ubicadas en la Sierra de San Luis fueron afectadas por fracturas de rumbo general EW, que produjeron pequeños desplazamientos laterales —0,5 m a 1 m. Estas fallas se ven claramente en las pegmatitas Cabeza de Novillo, San José I, San Elías y La Totorá. Los cuerpos estudiados en la Sierra de Comechingones, en cambio, muestran los efectos de una acción tectónica más intensa. Las fallas son más numerosas y tienen en general rumbos coincidentes con los de los cuerpos. Algunas de las pegmatitas tienen sus zonas externas e intermedias intensamente trituradas. El rumbo general de las fracturas y la mayor intensidad de la acción tectónica en las proximidades de las grandes fallas del borde occidental de la Sierra de Comechingones, sugieren que los movimientos que afectaron a las pegmatitas son los mismos que originaron el levantamiento de las sierras.

Estructura interna:

La estructura interna de las pegmatitas ha sido estudiada en los últimos años por numerosos autores en diversas partes del mundo. En todos los casos se ha encontrado que los cuerpos pegmatíticos están compuestos por unidades litológicas diferenciables en base a la mineralogía y/o la textura. Estas unidades pueden clasificarse en los si-

guientes tipos básicos (Cameron et al., 1949):

1. Unidades de relleno: son unidades, generalmente tabulares, que llenan fracturas en pegmatitas previamente consolidadas.
2. Cuerpos de reemplazo: son unidades formadas principalmente por reemplazo de pegmatitas preexistentes, con o sin control estructural obvio.
3. Zonas: las zonas son capas sucesivas, completas o incompletas, que reflejan en diverso grado la forma o estructura del cuerpo pegmatítico. Cuando están completamente desarrolladas son concéntricas alrededor de una zona interna o núcleo.

Zonas:

Al igual que en la mayoría de las pegmatitas de otras partes del mundo, las zonas son las unidades más importantes de las pegmatitas de San Luis y constituyen, por lo menos, el 95 % de su volumen.

Todas las pegmatitas examinadas están compuestas por tres o más zonas, en general completas, diferenciables en base a la textura y/o la mineralogía. En la tabla I puede verse, en forma esquemática, el número de zonas que componen cada pegmatita y su composición en términos de minerales esenciales. La tabla ha sido confeccionada para mostrar la secuencia de las asociaciones mineralógicas, pero como prácticamente todas ellas están representadas por una sola zona, refleja también la estructura zonal de los cuerpos.

Desde el punto de vista de la composición global, las pegmatitas estudiadas se pueden dividir en dos grandes grupos, según contengan o no minerales de litio. En las pegmatitas líticas aparecen, además de las zonas comunes a los dos grupos, otras que contienen espodumeno o lepidolita y amblygonita entre los minerales esenciales. En las

descripciones que siguen, sin embargo, las zonas no se agrupan por composición, sino siguiendo la clasificación de Cameron et al. (1949), adaptada por el autor (Herrera, 1958) por su posición dentro del cuerpo. Siguiendo a los mismos autores, para describir las texturas

se usará la siguiente clasificación de tamaño de grano: fino: menos de 2,5 cm; medio: 2,5 a 10 cm; grueso: 10 a 30 cm y muy grueso más de 30 cm.

En las figuras 2 y 3 se muestra la estructura zonal de algunos de los cuerpos estudiados.

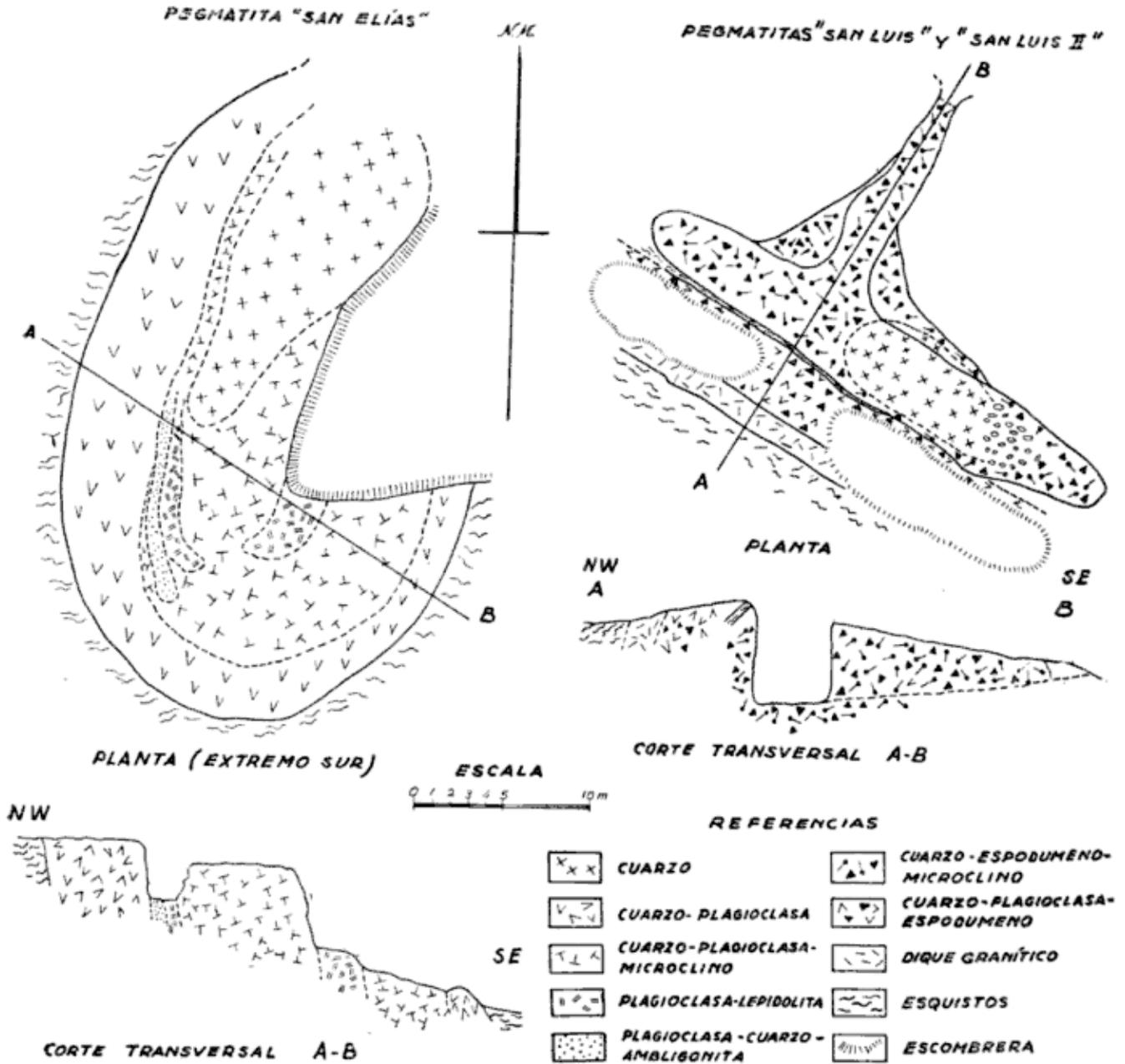


Fig. 2. — Pegmatitas de la Sierra de San Luis

Zonas marginales:

Las zonas marginales de las pegmatitas del distrito estudiado son de grano fino a medio y tienen una potencia que varía entre unos pocos milímetros y 8 a 10 cm.

El contacto con la roca de caja es neto, bien definido, y en la mayoría de los casos se comporta como un plano de división fácil. El contacto con la zona externa es transicional.

Los minerales esenciales que compo-

nen estas zonas son cuarzo, plagioclasa y muscovita. En sólo dos de las pegmatitas estudiadas — San José I y San Ramón — se encuentra también microclino entre los minerales esenciales. De los minerales accesorios el más importante es el topacio, que en el borde externo de la zona aparece, en algunos

de la zona, varía en cantidad dentro de límites mucho más estrechos.

En la mayoría de las zonas marginales hay una tendencia muy marcada de los minerales, especialmente muscovita y cuarzo, a crecer con su dimensión mayor aproximadamente perpendicular al contacto. Aún en los casos en que

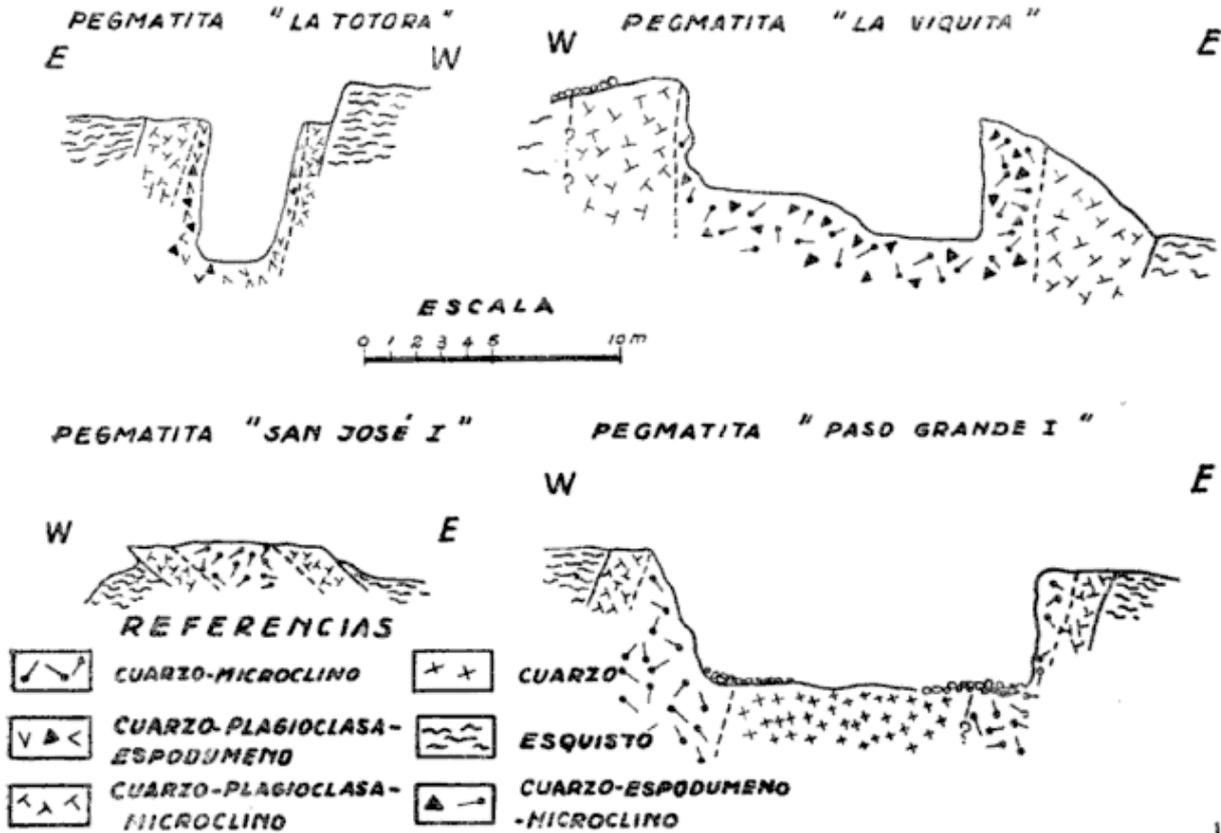


Fig. 3. — Cortes transversales de pegmatitas de la Sierra de San Luis

casos, en cantidades comparables a la de los minerales esenciales. Otros minerales accesorios que se encuentran en cantidades mucho menores son turmalina, granate, apatita, tantalio-columbita, casiterita, berilo y epidoto, este último muy escaso y localizado siempre en el contacto con la roca de caja. Las cantidades relativas en que se encuentran los minerales esenciales son variables. En general predominan el cuarzo y la plagioclasa, pero localmente cualquiera de estos dos minerales puede predominar hasta la desaparición casi total del otro. La muscovita, en cambio, que raramente constituye más del 30 %

esta orientación no es conspicua, siempre se la puede observar, en mayor o menor grado, en la muscovita.

La textura de las zonas marginales es granitoide y el tamaño de grano varía entre menos de un milímetro en el contacto con la roca de caja, hasta varios centímetros en el borde interno de las zonas más potentes.

En todas las zonas marginales examinadas el cuarzo, el topacio y la muscovita presentan extinción cataclástica muy marcada. Estos caracteres cataclásticos se acentúan notablemente en algunas pegmatitas del borde de la sierra de Comechingones. En la pegma-

tita El Resuello, por ejemplo, aparece una textura incipiente de mortero que se manifiesta por la flexión y trituración de los extremos de individuos de muscovita.

Zonas externas:

Todas las pegmatitas estudiadas tienen zonas externas bien desarrolladas, más potentes y de grano más grueso que las zonas marginales adyacentes. Por su composición y textura se las puede dividir en tres tipos. El primero incluye las zonas externas de las pegmatitas Las Cuevas, La Esmeralda, Las Palomas, Marta, Angel, El Resuello, Beatriz y San Elías. Los minerales esenciales que las constituyen son plagioclasa y cuarzo, formando la plagioclasa entre el 50 y el 70 % del volumen de la zona, con excepción de San Elías, donde sólo representa aproximadamente el 30 % de la misma. Aparece también algo de muscovita en individuos pequeños y aislados. Los minerales accesorios más comunes son turmalina, granate, columbita-tantalita y apatita, todos ellos en cantidades muy pequeñas. La textura es granitoide; el tamaño de grano es fino a medio —entre 0,5 y 8-10 cm— y mucho más uniforme que en las otras zonas. La potencia varía entre 0,1 m y 1,5 m, pero en la mayoría de las pegmatitas es de 0,1 a 0,4 m. El contacto con la zona marginal es transicional, pero se lo puede ubicar casi siempre con facilidad debido a que el contenido de muscovita es mucho mayor en la zona marginal.

El segundo tipo de zona externa es muy diferente mineralógica y texturalmente del anterior, y se presenta en las pegmatitas Cabeza de Novillo, San Elías, San José, La Totorá, La Viquita, Paso Grande I, Paso Grande II, San Ramón y El Diablo. Sus minerales esenciales son microclino, cuarzo y plagioclasa, en cantidades relativas que varían en las distintas pegmatitas. En La Viquita, Paso Grande I, Paso Grande II

y San José, la plagioclasa constituye, como máximo, del 10 al 15 % del volumen total de la zona; en La Totorá aproximadamente el 70 % y en Cabeza de Novillo y El Diablo entre el 30 y el 50 %. El microclino y el cuarzo se encuentran en cantidades aproximadamente iguales. Después de los esenciales, la muscovita es el mineral más abundante, aunque pocas veces forma concentraciones explotables comercialmente. Los minerales accesorios más comunes son berilo, turmalina, apatita, triplita, granate, columbita-tantalita y casiterita.

La potencia de estas zonas oscila entre un valor mínimo de 0,2 m en Cabeza de Novillo y un máximo de 3,5 m en La Viquita, pero su valor medio es de aproximadamente 1,5 m. El tamaño de grano es, en general, grueso o muy grueso, aumenta rápidamente hacia el centro del cuerpo y presenta las variaciones típicas de la textura pegmatítica, aunque no tan extremas como en las zonas intermedias y en el núcleo. El contacto con la zona marginal es muy fácil de determinar por el abrupto cambio de textura y composición mineralógica; por el contrario, el contacto con las zonas intermedias es mucho menos definido, debido a que en la mayoría de los casos los minerales más conspicuos de las dos zonas son los mismos, microclino y cuarzo, y a que el aumento en el tamaño de grano es mucho más gradual que en el límite externo de la zona.

En algunas de las pegmatitas con zonas externas del segundo tipo se observan, a veces, en el contacto con la zona marginal, concentraciones irregulares de plagioclasa y cuarzo de grano fino que parecen indicar un desarrollo muy incipiente del tipo de zona externa descripta en primer término.

El tercer tipo de zona externa se encuentra solamente en la pegmatita San Luis. Esta pegmatita está compuesta por una zona marginal, una potente zona

externa de cuarzo-microclino y espodumeno, y un pequeño núcleo de cuarzo. Los trabajos de exploración y explotación efectuados indican que se trataría de un cuerpo rudamente ovoide, con el eje mayor orientado al NW, y algo achatado en sentido transversal (fig. 2).

En la parte periférica de la zona externa el espodumeno se presenta en cristales orientados perpendicularmente al contacto y que se hacen progresivamente más gruesos hacia el centro del cuerpo (fig. 4). La longitud de los cristales aumenta también desde 20 a 30 cm en el borde externo de la zona, hasta 2 y 3 metros en su parte interna. En la parte central los cristales de espodumeno tienen longitudes de 1 a 2 metros, son más gruesos, de sección transversal uniforme y no muestran orientación preferencial.

El tamaño de grano del cuarzo y del microclino —minerales que constituyen el resto de la zona— aumenta también hacia el centro del cuerpo, pero en la parte periférica —es decir donde los cristales de espodumeno están orientados— es siempre menor que el de ese mineral. En la parte central de la pegmatita, por el contrario, el cuarzo y el microclino se presentan en masas de dimensiones comparables a las de los cristales de espodumeno.

Dada la forma en que ha sido trabajada la pegmatita no es posible observar en ningún sitio el pase del sector de la zona compuesta por cristales orientados de espodumeno en una matriz de cuarzo y microclino, al sector constituido por un agregado muy grueso, aproximadamente equigranular, de los tres minerales. No obstante, las relaciones espaciales indican que el pase es muy rápido, tal vez en un espacio no mayor de dos metros, por lo que se podría hablar, desde el punto de vista textural, de dos subzonas bien diferenciadas.

La composición promedio de la zona también cambia en forma sistemática, aumentando la cantidad de cuarzo y

disminuyendo la de espodumeno hacia el centro del cuerpo. La composición promedio aproximada de la parte periférica es la siguiente: espodumeno 40%, microclino 10%, cuarzo 50%. La de la parte central es: espodumeno 20-30%, microclino 10%, cuarzo 60-70%. Como minerales secundarios aparecen muscovita, muy poca y de grano fino, y pequeños nódulos irregulares de albita, en parte sacaroide.

Entre los minerales accesorios se han podido observar, en muy pequeñas cantidades, apatita, tantalio-columbita, ca-siterita y triplita.

Sobre el costado NW de esta pegmatita, y separada de la misma por una delgada faja de esquistos, aflora un cuerpo alargado (fig. 2, San Luis II) reconocible en una longitud de unos 20 metros y de una potencia de alrededor de 4 metros. Su composición mineralógica es aproximadamente la siguiente: espodumeno 35%, cuarzo 30%, al-



Fig. 4. — Pegmatita San Luis, pared sudoeste de la labor principal. Zona externa con cristales de espodumeno orientadas perpendicularmente al contacto.

bita 30% y microclino y muscovita 5%. El espodumeno se presenta en cristales alargados de 2 a 5 cm de longitud, paralelos entre sí y orientados con el eje mayor perpendicular a la superficie del afloramiento. La albita y el cuarzo forman una matriz de grano más fino que envuelve a los cristales de espodumeno. El cuerpo no presenta zonación visible.

Zonas intermedias:

Las zonas intermedias, que son las ubicadas entre las externas y el núcleo, pueden ser varias, pero en las pegmatitas estudiadas sólo una —San Elías— contiene dos. La mayoría tienen una sola de estas unidades, y otras —La Totorá, San José I, La Esmeralda, El Resuello, Beatriz, San Ramón y El Diablo— ninguna.

En las zonas intermedias el grano es en general muy grueso y se encuentran con frecuencia cristales gigantes, especialmente de microclino y espodumeno. Son mucho menos regulares que las unidades ya descritas presentando variaciones rápidas en el tamaño de grano y en la potencia. El espesor oscila entre 0,5 y 3 metros y su valor medio puede estimarse en aproximadamente 1,5 metros.

Por su composición las zonas intermedias se pueden dividir en dos grandes grupos, según contengan o no minerales de litio. En el primero están las unidades cuya composición es microclino-cuarzo-plagioclasa-espodumeno, microclino-cuarzo-espodumeno y plagioclasa-lepidolita-amblygonita. El segundo grupo está representado por las zonas intermedias cuya composición es microclino-cuarzo-plagioclasa y microclino-cuarzo.

Microclino - cuarzo - plagioclasa - espodumeno. — Esta zona aparece en la pegmatita Cabeza de Novillo, y tiene una potencia que oscila entre 0,15 y 0,8 m. El espodumeno se presenta en cristales

tabulares alargados cuya longitud varía entre 2 y 5 cm en los lugares donde la zona es más angosta, hasta alrededor de 10 cm donde alcanza su potencia máxima. Los cristales, sobre todo los más grandes, se disponen en general con su eje mayor perpendicular al contacto. El microclino aparece en cristales subhedrales que raramente exceden los 7 cm en su dimensión mayor. La plagioclasa (cleavelandita de composición Ab 98%) forma con el cuarzo un intercrecimiento de grano fino a medio que sirve de matriz a los otros minerales descritos. Se ve muy poca muscovita, y de grano muy fino.

Es difícil determinar la composición promedio de la zona debido a que varía entre límites muy amplios en distancias relativamente cortas. No obstante, se puede dar la siguiente estimación: el espodumeno constituye entre el 10 y el 30% de la zona, según los lugares; la cantidad de microclino varía aproximadamente entre los mismos límites, y la plagioclasa y el cuarzo, que constituyen el resto de la zona, se encuentran en cantidades más o menos iguales, aunque localmente puede predominar cualquiera de los dos.

Plagioclasa - lepidolita - amblygonita.

— Esta zona se ha encontrado solamente en el extremo sur de la pegmatita San Elías. Se presenta en forma de dos unidades cuyas dimensiones y forma pueden apreciarse en la figura 2, y que están ubicadas dentro de la zona de cuarzo - microclino - plagioclasa. Por su composición puede dividirse en dos subzonas, una compuesta por plagioclasa, amblygonita y cuarzo, y la otra por plagioclasa y lepidolita.

Subzona de plagioclasa - amblygonita-cuarzo: Tiene aproximadamente la siguiente composición: plagioclasa, 70 a 80%; amblygonita, 20-30%; cuarzo alrededor de 5%. La amblygonita se presenta en cristales subhedrales, alargados, de color blanco o amarillo muy pálido, que tienen tendencia a orientar-

se con su eje mayor paralelo a los contactos laterales de la zona, formando en partes verdaderos "rosarios" de cristales de 2 a 7 cm de longitud. La plagioclasa —cleavelandita de composición Ab 98 %— es de grano fino (1-2 cm); de color blanco o levemente rosado, y forma una masa compacta y dura que envuelve a los cristales de ambligonita. El cuarzo aparece en granos aislados de 1-4 cm. Asociados casi siempre con la ambligonita se ven cristales prismáticos de elbaíta, de color verde azulado y de 5 a 10 mm de longitud. Se observan también algunos cristales pequeños (1-3 cm) de berilo.

Subzona de plagioclasa-lepidolita. Esta unidad aparece en dos segmentos cerca del extremo sur de la pegmatita. La lepidolita constituye aproximadamente del 60 al 70 % de la zona, pero su distribución dentro de la misma es muy variable. En partes se presenta en concentraciones casi puras —al microscopio se ve que incluye alrededor de 5 % de plagioclasa— constituyendo un agregado de grano fino, masivo, denso y tenaz, de color violado, que en partes se aclara hasta ser casi blanco. Lám. I, fig. 6). La plagioclasa —cleavelandita de composición Ab 98 %— es de grano fino, de color blanco o levemente azulado y forma un intercrecimiento íntimo con la lepidolita.

Los límites de las dos subzonas con la zona de cuarzo, microclino y plagioclasa son bien definidos pero transicionales.

Zona de cuarzo - microclino - plagioclasa: Esta zona intermedia se encuentra en la pegmatita San Elías, y es la que rodea parcialmente a la de plagioclasa - lepidolita - ambligonita ya descrita (fig. 2). Sus características generales son muy similares a las de las zonas externas de la misma composición que se describieron antes. El cuarzo constituye entre el 40 y el 50 % de la zona y el microclino y la plagioclasa, que forman el resto de la misma, apare-

cen en cantidades aproximadamente iguales.

Zona de cuarzo - microclino: Aparecen zonas intermedias compuestas de cuarzo y microclino en las pegmatitas Paso Grande I, Paso Grande II, Las Palomas, Marta, Las Cuevas y Angel. El microclino se presenta en grandes cristales anhedrales o subhedrales que contienen frecuentemente inclusiones de cuarzo, formando un granito gráfico muy imperfecto. El grano, cuyo tamaño aumenta rápidamente hacia el centro de la pegmatita, es grueso o muy grueso, y es frecuente encontrar cristales de microclino cuyas dimensiones superan el metro. Las cantidades relativas de los dos minerales esenciales que componen estas zonas varían mucho, aún dentro de una misma pegmatita, y son difíciles de determinar, debido a la textura extremadamente gruesa y a la poca extensión en que han sido reconocidas en la mayoría de los casos. No obstante, se estima que el microclino constituye, como promedio, entre el 60 y el 70 % de estas zonas. Acompañando a los dos minerales mencionados se encuentra siempre muscovita, en paquetes aislados o formando concentraciones locales generalmente pequeñas, con tamaños de grano que oscilan entre 2-3 cm y 10-15 cm. En algunos casos —en especial en Las Cuevas y sector oeste de Paso Grande I— las concentraciones de muscovita llegan a ser explotables comercialmente.

De los minerales accesorios el más importante es el berilo, que se encuentra en todo el espesor de las zonas, pero cuyas concentraciones mayores aparecen casi siempre en el borde interno, en el contacto con el núcleo. Se presenta en cristales subhedrales o euhedrales que, en general, tienen una longitud que va desde pocos centímetros hasta alrededor de un metro, pero que excepcionalmente pueden alcanzar dimensiones mucho mayores. Otros minerales accesorios comunes son turmalina, gra-

nate, apatita, triplita, tantalio-columbита, monazita y casiterita.

Núcleos:

En la mayoría de las pegmatitas examinadas no se puede determinar con precisión la forma y posición de los núcleos, debido a la escasez y a la irregularidad de los trabajos de explotación efectuados. Por los mismas razones es a veces difícil decidir —salvo en el caso de las compuestas exclusivamente por cuarzo— si la zona más interna descubierta es realmente el núcleo. En consecuencia, las descripciones que siguen, especialmente en lo que se refiere a composición, pueden estar sujetas a algunas correcciones cuando se amplíen los trabajos de exploración y explotación.

En las pegmatitas tabulares o lenticulares, que constituyen la mayoría de las estudiadas en la zona, el núcleo se halla ubicado más o menos simétricamente con respecto a los contactos laterales y su forma refleja aproximadamente la del cuerpo que lo contiene. En las pegmatitas bulbosas, del tipo de San Elías (fig. 2) y San Luis, el núcleo ocupa una posición asimétrica y su forma guarda menos relación con la de la pegmatita que en el tipo anterior.

En las pegmatitas estudiadas se distinguen cuatro tipos de núcleo, cuyas composiciones mineralógicas son las siguientes: espodumeno-cuarzo-microclino, espodumeno-plagioclasa-cuarzo, microclino-cuarzo, cuarzo.

Núcleos de espodumeno - cuarzo - microclino: Este tipo de núcleo aparece solamente en la pegmatita La Viquita. La composición mineralógica media del núcleo de este cuerpo es aproximadamente la siguiente: microclino 50-60 %, cuarzo 20-30 %, espodumeno 20 %. El espodumeno se presenta en cristales euhedrales tabulares alargados, cuyas longitudes van de 10 a 20 cm en el borde externo del núcleo, hasta más de 1

metro en el centro. El microclino aparece en cristales anhedrales o subhedrales cuyas dimensiones son comparables a las del espodumeno y varían en el mismo sentido. En el centro del núcleo disminuye la cantidad relativa de espodumeno, lo que sugiere la posible presencia, a más profundidad, de otra unidad compuesta esencialmente por microclino y cuarzo. Los cristales de espodumeno no muestran orientación preferencial. Hay muy poca muscovita, y de grano fino a medio.

Los principales minerales accesorios son los siguientes: berilo, en cristales aislados, anhedrales, que en general miden pocos centímetros; ambligonita, en cristales dispersos anhedrales o subhedrales, que miden hasta 0,4 m y que están generalmente asociados con albita; triplita, en masas irregulares de 0,2 a 0,3 m; y en cantidades mucho menores, tantalio-columbита y apatita.

Núcleos de espodumeno - plagioclasa - cuarzo.

Se encuentran núcleos de esta composición en las pegmatitas Cabeza de Nevillo y La Totora.

Cabeza de Novillo: El espodumeno, que constituye entre el 20 y el 30 % del volumen de la zona, se presenta en cristales euhedrales tabulares, alargados, igual que en las otras zonas portadoras de litio. La longitud de los cristales, que en el borde externo del núcleo es de 0,1 a 0,3 m, aumenta hacia el centro, hasta alcanzar un máximo de aproximadamente 0,8 m en algunos sectores de la parte media de la pegmatita. El cuarzo y la plagioclasa forman un intercrecimiento cuyo tamaño de grano —de fino a medio— es uniforme en todo el espesor de la zona. El cuarzo constituye aproximadamente el 60 % del intercrecimiento. Aparece muy poca muscovita y de grano fino.

La mayoría de los cristales de espodumeno, y en particular los de ma-

yor longitud, están orientados con su eje mayor perpendicular o subperpendicular a los contactos laterales de la zona.

De los minerales accesorios comunes en las zonas portadoras de litio sólo se observó berilo, en cristales euhedrales de pocos centímetros de longitud que tienen tendencia a orientarse, como el espodumeno, perpendicularmente a los contactos laterales.

La Totorá: Esta zona, si bien tiene la misma asociación de minerales esenciales que la anterior, presenta marcadas diferencias en otros aspectos.

Los cristales de espodumeno —que forman entre el 20 y el 30 % de la zona— son tabulares y alargados, pero no muestran orientación preferencial y alcanzan un desarrollo máximo de hasta 2 metros. La matriz de cuarzo y plagioclasa que rodea a los cristales de espodumeno presenta un aspecto totalmente distinto al de la pegmatita Cabeza de Novillo. El cuarzo constituye alrededor del 80 % de la matriz, y la plagioclasa se presenta, en su mayor parte, formando una densa red de venillas irregulares que atraviesan el cuarzo en todas direcciones. El espesor de estas venillas oscila entre 1-2 mm y varios centímetros. Dispersas en esa masa aparecen también concentraciones mayores de plagioclasa que contienen casi siempre inclusiones redondeadas de cuarzo. La plagioclasa es cleavelandita de composición Ab 98%. La muscovita, como sucede en todas las zonas que contienen minerales de litio, es muy escasa, pero en los contactos con la zona externa aparece una faja delgada (± 10 cm), poco densa, de muscovita de grano fino a medio.

Entre los minerales accesorios el más importante es la amblygonita, que forma cristales subhedrales tabulares de hasta 0,4 m en su dimensión mayor y 7-10 cm de espesor. Aparecen también aunque en menor cantidad, apatita, tri-

plita, tantalio-columbita y manganotantalita.

Núcleos de microclino y cuarzo

Se encuentran núcleos de microclino y cuarzo en las pegmatitas San José I, La Esmeralda, El Resuello, Beatriz, San Ramón y El Diablo. La potencia de estas unidades es de 4 a 6 m en las cuatro pegmatitas mencionadas en primer término, y de 1,50 m en la San Ramón. El núcleo de la pegmatita El Diablo ha sido destapado sólo parcialmente, por lo que resulta imposible determinar su potencia.

Por su composición y textura estas unidades son muy semejantes a las zonas intermedias de microclino y cuarzo ya descritas. El microclino —que se presenta en grandes cristales subhedrales— constituye entre el 60 y el 80 % del volumen total, y en el caso de la pegmatita San José I, alrededor del 90 por ciento.

De los minerales accesorios que se encuentran en estas zonas, el más importante es el berilo, cuyas concentraciones mayores aparecen generalmente en los bordes externos, en el contacto con las zonas intermedias. Se presenta en cristales subhedrales o euhedrales que alcanzan a veces grandes dimensiones. Son comunes los cristales de más de 100 kg y en la pegmatita La Esmeralda, según manifestaciones de ex obreros del yacimiento, se encontró uno que pesaba alrededor de 47 toneladas. Otros minerales que se encuentran con frecuencia son turmalina, granate, triplita, tantalita-columbita y apatita.

Núcleos de cuarzo: En ocho de las pegmatitas estudiadas (ver Tabla II) se han encontrado núcleos de cuarzo. Estas unidades están compuestas por grandes masas de este mineral y tienen los mismos minerales accesorios que se encuentran en los núcleos de cuarzo y microclino, pero en cantidades mucho menores.

Unidades de reemplazo:

Prácticamente en todos los estudios sobre pegmatitas se ha reconocido la existencia de unidades de reemplazo pero, sobre todo hasta hace algunos años, había bastante discrepancia en lo referente a su importancia cuantitativa. Los desacuerdos se originaban en parte por las diferencias en la interpretación de los criterios indicadores de reemplazo y, en medida quizá mayor, por la falta, en muchos casos, de una diferenciación adecuada entre los cuerpos formados por reemplazo de partes de la pegmatita ya totalmente consolidadas y el reemplazo producido por la reacción continua del magma residual con los minerales en formación durante todo el proceso de génesis de las zonas. Este segundo proceso es sólo parcial y no forma unidades de reemplazo, pero deja texturas características en todo el cuerpo. Los trabajos de los últimos años (en particular Jahns, 1953) en los que se hace una más rigurosa distinción entre los dos procesos mencionados, demuestran que la importancia cuantitativa de las unidades de reemplazo es mucho menor que lo que hacían suponer algunos trabajos anteriores. Este hecho, como se verá en la parte dedicada a génesis, tiene gran importancia para discutir el problema del origen de las soluciones que producen el reemplazo.

En las pegmatitas de San Luis se encuentran unidades de reemplazo en prácticamente todos los cuerpos. Si bien no se puede determinar con exactitud el volumen relativo de estos cuerpos en relación con el volumen total de las pegmatitas, se estima que, como término medio, no excede del 3 al 5 %.

La mayoría de las unidades de reemplazo de las pegmatitas del distrito están ubicadas en las zonas intermedias y núcleos de cuarzo y microclino, son de grano mucho más fino que el de dichas unidades, y están en su mayor parte compuestas por albita, muscovita o

cuarzo, o por combinaciones de estos minerales.

Los cuerpos de reemplazo compuestos por cleavelandita tienen generalmente forma aproximadamente tabular, con espesores que varían entre pocos milímetros y 30 ó 40 centímetros, aunque presentan con frecuencia ensanchamientos locales donde el espesor puede ser mucho mayor. La cleavelandita se presenta en láminas dispuestas perpendicularmente a los contactos y que tienen entre 1 y 2 milímetros de espesor y hasta 10 cm en su dimensión mayor. Los contactos son ondulados, no coincidentes en las paredes opuestas de los cuerpos tabulares, y con frecuencia irregulares en detalle, debido a la desigual penetración de las láminas de cleavelandita en la zona adyacente. Con características similares a las de los anteriores en lo que respecta a forma, tamaño y distribución, se encuentran cuerpos de reemplazo formados por cleavelandita y cuarzo. Las láminas de cleavelandita son en este caso menores —1 a 3 cm— y se disponen también perpendicularmente al contacto. El cuarzo, que constituye entre el 30 y el 50 % del volumen, ocupa los espacios entre los cristales de cleavelandita. Dispersas en estos cuerpos aparecen también, en pequeña cantidad, hojuelas de muscovita verdosa muy clara.

Los cuerpos de reemplazo descriptos están siempre flanqueados, en el feldespato potásico, por una faja de muscovita de grano fino cuyo espesor varía entre unos pocos milímetros y 5 ó 6 cm, y que se dispone paralelamente al contacto y a pocos centímetros del mismo. Es indudable que estas aureolas de mica se originaron por la acción de los mismo flúidos que formaron las bandas de cleavelandita, y que después de haber perdido la mayor parte de su carga en Na_2O en el reemplazo penetraron en el feldespato potásico no afectado. A la temperatura imperante en el proceso —seguramente menos de 400° —

la formación de muscovita a expensas del microclino indica la existencia de una presión de vapor de agua relativamente alta (Yoder y Eugster, 1955) sobre todo considerando que la concentración presumiblemente alta de potasio de los flúidos —debida al intercambio producido en la zona de reemplazo— tiende a favorecer la estabilidad del feldespato (Folk, 1947). La distancia entre las fajas de muscovita y de cleavelandita sugiere la existencia de un gradiente de temperatura.

Son bastante comunes los cuerpos de reemplazo formados por varias capas paralelas. Cada una de estas capas tiene las características de las masas tabulares ya descritas, y está separada de las otras por un plano de división fácil tapizado de muscovita de grano fino, mineral que también forma fajas ralas en los bordes de las unidades de cleavelandita. En el contacto entre estas últimas es común observar espacios vacíos o cavidades ocupadas por cuarzo masivo. La figura 5 es el dibujo esquemático de un trozo de estas masas de reemplazo, proveniente de la zona intermedia de la pegmatita Paso Grande II.

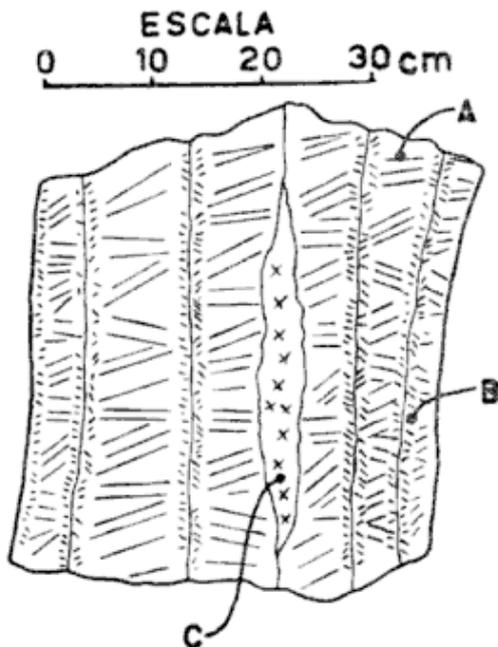


Fig. 5. — Parte de un cuerpo de reemplazo formado por capas paralelas de cleavelandita. Pegmatita Paso Grande II. A, cleavelandita; B, muscovita; C, cuarzo.

Las unidades complejas descritas se han formado probablemente por reemplazo de masas de feldespato potásico a partir de sistemas de fracturas paralelas. Las bandas de muscovita que aparecen en los bordes de las capas de cleavelandita y cuarzo serían el remanente de las aureolas de ese mineral que acompañan los frentes de reemplazo y que quedaron incluidas en éstos al completarse el proceso.

En las pegmatitas no líticas es muy común el reemplazo de microclino por masas constituidas por un intercrecimiento de grano fino (0,5 - 1,5 cm) de albita rojiza (Ab 98%) y muscovita clara o levemente verdosa. En la mayoría de los casos estas masas forman cuerpos tabulares que atraviesan los cristales de microclino o tapizan sus caras, indicando claramente que el reemplazo ha sido controlado por fracturas o contactos entre cristales. En otros casos, menos frecuentes, el reemplazo ha afectado prácticamente todo el cristal de microclino, y sólo es posible reconocer la presencia anterior de este mineral por la forma del agregado y por los restos de feldespato potásico incluidos en el mismo. Casi todos estos cuerpos de reemplazo se encuentran en el borde interno de las zonas intermedias de cuarzo y microclino y especialmente en los sectores ricos en berilo. Como ya se ha señalado, los mineros consideran la aparición de esas masas de albita y muscovita como indicio seguro de la presencia de berilo.

En todas las pegmatitas del distrito, pero especialmente en las no líticas, son abundantes los cuerpos de reemplazo de muscovita controlados por fracturas. La mayoría no tienen más de dos o tres centímetros de espesor y la mica aparece en parte como relleno y en parte reemplazando a la roca de caja. En otros casos, menos frecuentes, el reemplazo es masivo, como en la pegmatita Paso Grande I, donde aparecen grandes pseudomorfos de microclino compuestos

por muscovita gruesa (hasta 40 cm de diámetro) con clivaje transversal.

En la zona intermedia de la pegmatita Las Cuevas se ven grandes masas irregulares de mica con características muy similares a las ya descritas y que probablemente se han originado también en procesos de reemplazo.

En las zonas intermedias y en los bordes de los núcleos de las pegmatitas sin litio aparecen cuerpos tabulares angostos —1 a 3-cm de espesor— pero que a veces tienen una extensión de varios metros cuadrados, compuestos por cuarzo y muscovita, este último mineral en cristales que miden entre 2 ó 3 mm y 3 centímetros de diámetro. El emplazamiento de estos cuerpos se ha producido por relleno de fracturas y reemplazo de la roca de caja. En algunas pegmatitas, especialmente en las de la Sierra de Comechingones y Paso Grande I, se ven masas de la misma composición —cuarzo y muscovita— pero de forma globular, con diámetros que raramente exceden los 30 ó 40 cm, y con las láminas de mica dispuestas radialmente.

En algunas pegmatitas de la parte NW del área estudiada, el microclino de muchos cristales de pertita ha sido reemplazado totalmente por un intercrecimiento de grano muy fino de albita y muscovita. Como resultado de este proceso se han formado pseudomorfos de microclino compuestos por una masa compacta, densa, de color gris verdoso, que incluye, en forma de venillas blancas subparalelas, a la albita originariamente contenida en la pertita (Lám. I, fig. 5). En los cortes microscópicos se ven venillas muy finas de cuarzo que atraviesan tanto el agregado de albita y muscovita como la albita original de la pertita y cuya forma indica que se han originado por reemplazo a partir de pequeñas fracturas.

En casi todos los cortes microscópicos de microclino pertítico se ven venillas de albita— a veces con algo de muscovita— de trazado sinuoso, y que

atraviesan indistintamente a los dos componentes de la pertita. Estas venillas parecen formadas predominantemente por el relleno de pequeñas fracturas, pero en muchas partes aparecen ensanchamientos ocupados por cristales euhedrales de albita preferentemente orientados según el eje de la fractura y que evidentemente crecieron reemplazando las paredes de la misma (Lám. I, fig. 4).

Unidades de relleno

Las unidades de relleno son abundantes en todas las pegmatitas estudiadas, y los minerales que más comúnmente se encuentran en ellas son albita, cuarzo, microclino y muscovita.

En todas las pegmatitas de la zona son muy abundantes las venas de cuarzo formadas por relleno de fracturas, cuyos espesores varían, en la mayoría de los casos, entre fracciones de milímetro, y 3 ó 4 centímetros, aunque excepcionalmente pueden llegar a 20 ó 30 centímetros. Forman, sobre todo en las zonas intermedias y núcleos de cuarzo y microclino, retículos irregulares de venillas que atraviesan tanto los minerales originales de la zona como las unidades de reemplazo y de relleno. En las pegmatitas ricas en berilo es frecuente encontrar en la parte interna de las zonas intermedias y en general asociadas con concentraciones de ese mineral, venas de cuarzo, a veces oscuro, que alcanzan espesores de hasta 15 ó 20 centímetros y que parecen haberse formado por relleno de fracturas y reemplazo de las paredes de las mismas.

Menos frecuentes que las de cuarzo, son las unidades de relleno compuestas por cuarzo y microclino o por cuarzo, microclino y muscovita. En la pegmatita San José I se observa parcialmente un cuerpo tabular de unos 30 centímetros de potencia que atraviesa la zona intermedia y que está compuesto por cuarzo y microclino, este último mine-

ral en proporción menor y en cristales notablemente euhedrales. En otras pegmatitas aparecen también cuerpos de relleno de esa composición pero, en general, son de dimensiones mucho menores. En las zonas intermedias y externas son frecuentes las unidades vetiformes de hasta 20 centímetros de espesor, compuestas por cuarzo, microclino y muscovita. En algunos casos estos cuerpos presentan zonación encontrándose el cuarzo y el feldespato potásico en el centro de la unidad y la mica en los bordes.

En casi todas las pegmatitas del distrito se ven venas de albita que indudablemente se han originado por relleno de fracturas con muy poco o ningún reemplazo de las paredes de las mismas. En la mayoría de los casos, sin embargo, las unidades tabulares de albita se han formado por la acción de los dos procesos originando los cuerpos ya descritos al comienzo de este capítulo.

En la zona intermedia de microclino, cuarzo y espodumeno de la pegmatita Cabeza de Novillo aparecen pequeñas fracturas rellenadas por cristales tabulares de espodumeno que se disponen paralelamente a las paredes de las mismas.

MINERALOGIA

Microclino

En las pegmatitas que no contienen minerales de litio, el mineral más abundante es el microclino. En las líticas —con excepción de La Viquita— aparece siempre en cantidades menores que el cuarzo.

En las zonas externas, donde el grano es menor que en las intermedias o en los núcleos, el microclino se presenta en cristales anhedrales o subhedrales muy imperfectos; mientras que en las zonas intermedias, sobre todo en las de cuarzo y microclino, y en los núcleos,

los cristales son subhedrales y más raramente euhedrales. En general, puede decirse que la perfección de la forma de los cristales aumente con el tamaño de grano.

El color de este feldespato es rosado, gris o blanco. En las pegmatitas con litio es en general más claro que en las otras y a veces, como en la pegmatita La Totorá, es difícil distinguirlo de la albita por el color. En las pegmatitas sin litio el color tiende a ser más claro en las zonas centrales, donde predomina frecuentemente el gris, mientras que el color rosado es más característico de las zonas periféricas.

En las pegmatitas estudiadas el microclino contiene siempre albita en intercrecimiento peritítico. Las inclusiones de albita se presentan en forma de bandas o en "manchas" (patch) de contorno muy irregular. Las bandas son subparalelas, a veces unidas por ramificaciones más delgadas y tienen espesores que varían aproximadamente entre 0,1 y 1,7 mm (Lám. I, fig. 1). Como una variedad de este tipo se observa a veces una peritita compuesta por láminas subparalelas muy finas $\pm 0,06$ mm de albita. En la peritita de manchas o maculosa, las inclusiones de albita son de formas muy irregulares pero aproximadamente equidimensionales y tienen, en general, anchos medios que oscilan entre 0,1 y 5 mm (Lám. I, fig. 3). En algunos casos las inclusiones están relativamente aisladas y en otras unidas por una red de venillas finas. Los dos tipos de peritita aparecen a veces combinados (Lám. I, fig. 2) y es frecuente también encontrar formas de transición.

El examen de cortes delgados de microclino provenientes de varios cuerpos muestra que en las pegmatitas con litio predomina la peritita maculosa, aunque se observan también, en algunos casos, bandas irregulares discontinuas, que indican un desarrollo imperfecto del otro tipo de peritita. En las otras pegmatitas predomina la peritita de bandas com-

binada con frecuencia con la forma maculosa. La composición de la plagioclase es Ab 98-100 %. En cuanto a la cantidad de albita visible al microscopio contenida en el microclino, el examen de 13 cortes delgados dió los resultados siguientes: pegmatitas líticas 10 %; pegmatitas no líticas 20 %.

Plagioclase

Prácticamente toda la plagioclase de las pegmatitas estudiadas es albita. Este mineral se presenta casi siempre en los típicos agregados de cristales laminares, lustrosos, en su mayor parte algo curvados, de la variedad cleavelandita. El tamaño de grano, la textura y el color varían dentro de límites muy amplios. En las zonas externas de cuarzo y plagioclase la cleavelandita es de grano fino (1-3 cm) y color blanco o rojizo, llegando a veces a rojo ladrillo. En las zonas con lepidolita y amblygonita es de grano fino —2-3 mm a 2 cm—, de color blanco, en partes levemente azulado. En las zonas más internas el tamaño del grano aumenta considerablemente y las láminas de cleavelandita —cuyo espesor es de 1-2 mm— llegan a medir más de 10 cm en su dimensión mayor. A diferencia de lo que sucede en las zonas externas, gran parte de esta cleavelandita parece ser de reemplazo (ver Unidades de Reemplazo).

Dispersas dentro de las pegmatitas, sobre todo en las zonas internas, aparecen algunas masas irregulares de albita de grano muy fino, de textura sacaroides.

En las pegmatitas líticas la plagioclase es siempre una albita de composición Ab 97-99 %. En las otras pegmatitas la composición varía con las zonas. En la mayoría de las zonas externas la plagioclase tiene una composición en el rango de Ab 94-98 %, pero en algunos casos —La Esmeralda por ejemplo— la composición varía entre Ab 86-88 % y Ab 94 %. En las zonas intermedias y núcleos la plagioclase es siempre una cleavelandita de composición Ab 98 %.

Cuarzo

El cuarzo —que es el mineral más abundante en el grupo de las pegmatitas con litio y el segundo en el otro grupo— aparece prácticamente en todas las unidades constituyentes de los cuerpos. En su mayor parte es blanco (cuarzo lechoso) o ligeramente gris, pero, sobre todo en las zonas intermedias de cuarzo y microclino, se ven a veces cuerpos vetiformes de cuarzo oscuro (cuarzo "ahumado"). Se presenta siempre en cristales anhedrales cuyas dimensiones van desde unos pocos milímetros en las zonas marginales hasta más de un metro en las zonas intermedias y en los núcleos. La mayoría de los grandes cristales anhedrales de los núcleos de cuarzo presentan clivaje romboédrico bien marcado.

Muscovita

La muscovita, especialmente en las pegmatitas sin litio, es uno de los minerales más abundantes en todos los estadios de la formación de estos cuerpos, y se la encuentra como constituyente importante en prácticamente todas las zonas y en muchos de los cuerpos de reemplazo y de relleno.

En las pegmatitas de la zona estudiada, sin embargo, pocas veces forma concentraciones grandes de valor comercial y gran parte de la mica extraída lo ha sido como subproducto de otras explotaciones (berilo, microclino, cuarzo).

Las concentraciones más importantes de muscovita se encuentran en las zonas intermedias de cuarzo y microclino, casi siempre en su borde externo donde, en algunos casos —San Ramón, Las Cuevas, Beatriz— forma una faja discontinua, con algo de feldespato potásico y cuarzo, que puede considerarse una verdadera subzona. La mica se encuentra en paquetes que alcanzan dimensiones de hasta 30 ó 40 centímetros y que tienden a orientarse con el cliva-

je transversal al cuerpo. En el interior de las zonas intermedias de cuarzo y microclino y en los núcleos, se presenta también muscovita en paquetes grandes dispersos. En las concentraciones de mica de grano grueso es muy frecuente encontrar, debido a la presencia de clivaje transversal, la textura denominada localmente "cola de pescado". Si bien las observaciones efectuadas hasta ahora por el autor no son concluyentes, parece que la frecuencia de esta textura aumenta hacia el interior de las pegmatitas.

En todas las pegmatitas de la zona se encuentra muscovita, en general de grano fino a muy fino que forma parte de cuerpos originados por reemplazo y/o relleno. Estos cuerpos se describen en detalles en el capítulo respectivo.

Espodumeno

En todas las pegmatitas estudiadas —con excepción de la San Elías— el mineral de litio más abundante es el espodumeno. La posición y distribución de este mineral en las zonas ya han sido descriptas.

Los grandes cristales de espodumeno son tabulares y presentan las imperfecciones de detalle —estriaciones, cavidades, etc.— típicas de los cristales gigantes de las pegmatitas. Las dimensiones más comunes son las siguientes: largo 0,8-1,5 metros, ancho 0,2-0,3 metros, espesor 0,03-0,15 metros. Los cristales menores, que aparecen en la zona intermedia de la pegmatita Cabeza de Novillo y en la parte externa de otras zonas con espodumeno, tienen longitudes de 5 a 40 centímetros y son menos achatados que los cristales gigantes. La mayoría de los cristales contienen inclusiones de cuarzo de contornos redondeados y muy frecuentemente alargadas en el sentido del eje mayor del cristal. La cantidad de cuarzo incluido es mayor en las zonas internas que en las periféricas.

El espodumeno fresco, o muy ligeramente alterado, es duro, de color blan-

co grisáceo, o verde gris claro, y de brillo sedoso. Se rompe con bastante facilidad por planos de clivaje, formando láminas o prismas achatados.

Gran parte del espodumeno, especialmente en las pegmatitas La Viquita, San Luis y La Totorá, está total o parcialmente alterado. En el tipo de alteración más abundante los cristales tienen una coloración blanco amarillenta, se disgregan con facilidad y conservan rastros del clivaje en superficies que muestran un brillo sedoso intenso. El examen microscópico demuestra que este material está compuesto en su mayor parte —más del 90 %— por pequeños prismas y láminas de clivaje de espodumeno. El resto es un agregado muy fino de halloysita y otras arcillas no identificadas, con muy poca albita y muscovita, que tapiza los trozos de espodumeno. El contenido de Li_2O disminuye con respecto al del mineral fresco. En la pegmatita La Viquita se analizaron dos muestras con el resultado siguiente: espodumeno fresco, 7,11 %; espodumeno alterado, 4,66 %.*

En otro tipo de alteración muy común el espodumeno tiene color gris verdoso muy claro y es frágil y fácilmente disgregable. Al microscopio se ve que la mayor parte del espodumeno ha sido reemplazado por una masa de grano muy fino compuesta esencialmente por sericita y muscovita, con cantidades mucho menores de albita, cuarzo, halloysita y otras arcillas.

En algunas pegmatitas se encuentran pseudomorfo de cristales de espodumeno formados por muscovita y albita. La mica, en láminas verdosas de 1 a 3 mm de diámetro, constituye aproximadamente el 70 % del volumen. La albita aparece en nódulos de 2 a 10 mm de diámetro dispersos dentro de la masa de muscovita. En algunos casos la albita

* Análisis efectuado por B. L. de Lafaille. Laboratorio de Análisis de Rocas. CNICT-FCEN.

falta casi totalmente. En este tipo de alteración no se observan rastros del clivaje original del espodumeno.

Los tipos de alteración descriptos y sus formas de transición, coexisten a veces en la misma pegmatita y aún en el mismo cristal de espodumeno.

Lepidolita

La lepidolita —que sólo aparece en una zona intermedia de la pegmatita San Elías— se presenta asociada con albita, cuarzo y ambligonita. Forma un agregado de color violáceo, denso, masivo, de grano muy fino, constituido por cristales laminares diversamente orientados. Los cristales mayores miden entre 1 y 3 mm de diámetro y son de exfoliación difícil. El tamaño del grano varía rápidamente y en algunas partes es tan fino que no se pueden distinguir los cristales a simple vista.

Ambigonita

Se encontró ambigonita en las pegmatitas La Viquita, La Totora y San Elías. En las dos primeras se presenta en las zonas intermedias y núcleos, generalmente asociada con cleavelandita, en masas irregulares o en forma de prismas achatados que pueden alcanzar unos 40 centímetros en su dimensión mayor. Cuando son frescas, las superficies de los cristales son blancas, de brillo perlado a graso y algo translúcidas, pero cuando han estado expuestas a la meteorización se hacen opacas y adquieren a veces una tonalidad amarillo claro. Las superficies de clivaje son algo imperfectas, tienen un brillo característico, y son a veces levemente curvadas. En la pegmatita San Elías aparece también ambigonita en la zona de albita, lepidolita y cuarzo ya descripta.

Columbita - tantalita

La columbita - tantalita se encuentra en cantidades variables, prácticamente

en todas las pegmatitas de la zona. No ha sido posible determinar con exactitud su distribución dentro de las pegmatitas debido a que, por su demanda comercial, este mineral ha sido extraído casi totalmente en las labores accesibles. Sin embargo, las pocas observaciones personales que se pudieron efectuar y las referencias de los propietarios y obreros de las explotaciones, parecen indicar que, si bien la columbita-tantalita se encuentra en todas las zonas, las concentraciones mayores aparecen en las externas e intermedias.

Este mineral se presenta en individuos aislados o en concentraciones de cristales diversamente orientados, cuyo peso total puede ser de varios kilogramos. Los cristales son tabulares y miden desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros en su dimensión mayor. Las superficies son negras y opacas, pero las fracturas frescas tienen brillo submetálico.

La composición de la columbita-tantalita de la zona estudiada presenta variaciones que, en términos generales, pueden correlacionarse con el tipo de pegmatita. En los cuerpos con minerales de litio la relación Ta_2O_5/Ni_2O_5 varía entre 1,3 y 4 aproximadamente, mientras que en las otras pegmatitas es, en general, inferior a 1. La razón MnO/FeO oscila entre 0,3 y 2,9 y parece ser independiente de las variaciones de la razón Ta_2O_5/Ni_2O_5 .

En la pegmatita La Totora se encuentra manganotantalita. Este mineral aparece en cristales tabulares gruesos, de color marrón rojizo, algo translúcidos y de intenso brillo resinoso. Presentan un clivaje muy perfecto, con superficies muy brillantes que tienen reflejos tornasclados. Un análisis de este mineral dio los siguientes resultados: *

* Los análisis de tantalio-columbita y manganotantalita fueron realizados en la empresa Tantal Argentina S.R.L. por el Dr. Eduardo R. Mari.

Ta ₂ O ₅	81,80	Ta ₂ O ₅ /Ni ₂ O ₃ = 89
Ni ₂ O ₃	0,95	
TiO ₂	0,30	FeO/MnO = 0,012
SiO ₂	0,05	
FeO	0,16	
OMn	12,68	

Turmalina

Las pegmatitas estudiadas contienen schorlita y elbaíta, las dos variedades más comunes de turmalina. La primera de ellas se encontró en todas las pegmatitas examinadas, mientras que la elbaíta solamente en la San Elías.

La cantidad relativa de turmalina de hierro y su distribución en las zonas, es algo distinta en los dos grupos de pegmatitas considerados. En las portadoras de minerales de litio ese mineral es muy escaso y se presenta en cristales negros prismáticos alargados, con longitudes que raramente exceden los 5 cm y que se encuentran preferentemente en las zonas marginales y externas.

En las pegmatitas que no contienen litio la schorlita es mucho más abundante que en el grupo anterior, pero su cantidad relativa varía mucho en los diferentes cuerpos pegmatíticos. Las pegmatitas Paso Grande I y II, San José I, Las Cuevas, La Esmeralda y Las Palomas son muy ricas en turmalina, especialmente las dos mencionadas en último término. El mineral se presenta, en la mayoría de los casos, en cristales prismáticos alargados, negros, con caras bien definidas y estrías muy marcadas paralelas al eje *c*. En casi todos los cristales se observa la presencia de un clivaje basal imperfecto. La longitud de los cristales varía entre unos pocos milímetros en las zonas marginales, hasta 0,8 m en la parte central de la pegmatita Las Palomas. Las longitudes más frecuentes, sin embargo, son las comprendidas entre los 3 y los 10 cm. Junto con los ya descritos aparecen también, sobre todo en las zonas periféricas, cristales subhedrales y anhedrales.

En las pegmatitas de este grupo que contienen poca turmalina ésta se encuentra preferentemente en las zonas marginales y externas. En aquellas en que este mineral es muy abundante, en cambio, la distribución dentro de las pegmatitas es más uniforme. En algunas pegmatitas la turmalina de las zonas marginales y externas está orientada con el eje *c* perpendicular al contacto.

La mayoría de los cristales de turmalina presentan las superficies externas parcialmente tapizadas por láminas de muscovita. En algunos casos la alteración es más intensa y parte del cristal, sobre todo a lo largo de las fracturas y planos de clivaje, se transforma en una masa de muscovita, arcillas y óxidos de hierro.

En la pegmatita San Elías se encuentra elbaíta en la zona externa y en la subzona de albita, cuarzo y ambligonita. En la zona externa de cuarzo y plagioclasa este mineral es muy escaso y se presenta en cristales verde azulado de 1 a 4 cm de largo, muy delgados, y estriados longitudinalmente. La elbaíta de la subzona intermedia es de color verde azulado a azul oscuro y la mayoría de los cristales son prismas de 1 a 2 cm de largo y de 3 a 6 mm de sección. Otros cristales son subhedrales a anhedrales, a veces casi equidimensionales y de no más de 1 cm en su dimensión mayor. Si bien los cristales de elbaíta se encuentran en toda la subzona de cuarzo-microclino ambligonita, tienen una marcada tendencia a agruparse alrededor de los cristales de este último mineral.

Berilo

Por las razones ya expuestas — abandono de la mayoría de las explotaciones, previa extracción de todo el mineral a la vista — es bastante difícil determinar con precisión las características con que se presenta el berilo en las pegmatitas de la zona, ya que es necesario guiarse, en gran medida, por las improntas de los cristales, en los raros

casos en que quedan, y por informaciones de los obreros y dueños de los yacimientos. La información que sigue, en consecuencia, es de índole general y se basa en una cuidadosa selección de los datos obtenidos por los medios mencionados.

En todas las pegmatitas del área estudiada se encuentra berilo, pero la forma de presentación y la cantidad relativa, son distintas en los dos grupos considerados. En las pegmatitas sir, litio el berilo se encuentra en todas las zonas, pero las concentraciones más importantes aparecen en las intermedias de cuarzo y microclino de grano muy grueso — generalmente en el borde interno, en el contacto con el núcleo — o en los núcleos de la misma composición y textura. En estas zonas el berilo tiene colores que van del azul claro y verde pálido al gris amarillento y se presenta en general en cristales prismáticos — “velas”, según la terminología local — imperfectos en detalle y de dimensiones que oscilan entre unos pocos centímetros de largo hasta varios metros en casos excepcionales. Se presenta prácticamente siempre asociado con masas de muscovita y albita de grano fino de reemplazo (ver “Unidades de reemplazo”) hasta el punto de que los mineros denominan a esas masas “mica berilífera”. Asociadas también con el berilo de estas zonas aparecen muy frecuentemente masas irregulares o vetiformes de cuarzo oscuro.

En las zonas externas de este grupo de pegmatitas el berilo aparece en cantidades mucho menores y en cristales subhedrales que raramente exceden los 10-15 cm en su dimensión mayor.

Las pegmatitas portadoras de litio son comparativamente pobres en berilo. Este mineral se presenta en las zonas externas e intermedias en escasos cristales anhedrales que casi nunca miden más de 20 cm de sección. Son de color gris blanquecino, a veces con tonalidades amarillas o verdes muy pálidas, y difíciles de distinguir a simple vista del

cuarzo y el feldespatos, salvo por su característico brillo graso.

Granate

En todas las pegmatitas se encuentra granate (almandino) de color rojo a marrón rojizo oscuro, aunque siempre en pequeña cantidad. En las zonas externas y marginales se presenta en cristales subhedrales muy pequeños (generalmente no exceden de unos pocos milímetros) aislados o en grupos, o asociados con cuarzo en intercrecimientos de grano muy fino. En las zonas internas aparece en cristales mayores o en masas irregulares cuyas dimensiones pueden alcanzar los 10 ó 15 centímetros. También es muy frecuente encontrarlo asociado con muscovita, especialmente en las zonas intermedias de cuarzo y microclino ricas en ese mineral.

Triplita

En las zonas intermedias y en los núcleos de las pegmatitas líticas — en particular La Totorá y La Viquita — se encuentra triplita, un fluofosfato de hierro y manganeso. Se presenta en cristales muy imperfectos de hábito tabular que pueden alcanzar hasta unos 10 centímetros en su dimensión mayor, y como relleno de pequeñas fracturas. Es de color marrón rojizo muy oscuro, de brillo resinoso en las fracturas frescas y tiene un clivaje bien desarrollado. Las superficies expuestas a la meteorización son negras y opacas debido a la formación de una película de óxido de manganeso. En algunas pegmatitas no líticas, especialmente en la sierra de Comechingones, también se encuentra triplita, pero en muy pequeña cantidad.

Apatita

Se encuentra apatita, en cristales subhedrales o euhedrales pequeños y aislados, en las zonas marginales y externas de casi todas las pegmatitas. En la pegmatita La Totorá este mineral se presenta en el núcleo en cristales gruesos, tubulares, de color verde azulado

oscuro de hasta 10 cm de largo, o rellenando pequeñas fracturas.

Otros minerales

Otros minerales que se encuentran con menor frecuencia son casiterita — a veces en cuerpos de relleno o de reemplazo de albita y muscovita de grano muy fino — monazita, calcedonia, topacio, pirita, bismutita y uraninita, este último en algunas de las pegmatitas de la Sierra de Comechingones (Angelelli, 1930).

Los principales productos de alteración observados son: sericita, caolín, óxidos de hierro y de manganeso, bismutita, bismutita y selenita * y como mi-

* Los minerales secundarios de bismuto fueron determinados por la Srta. Lidia Malvicini.

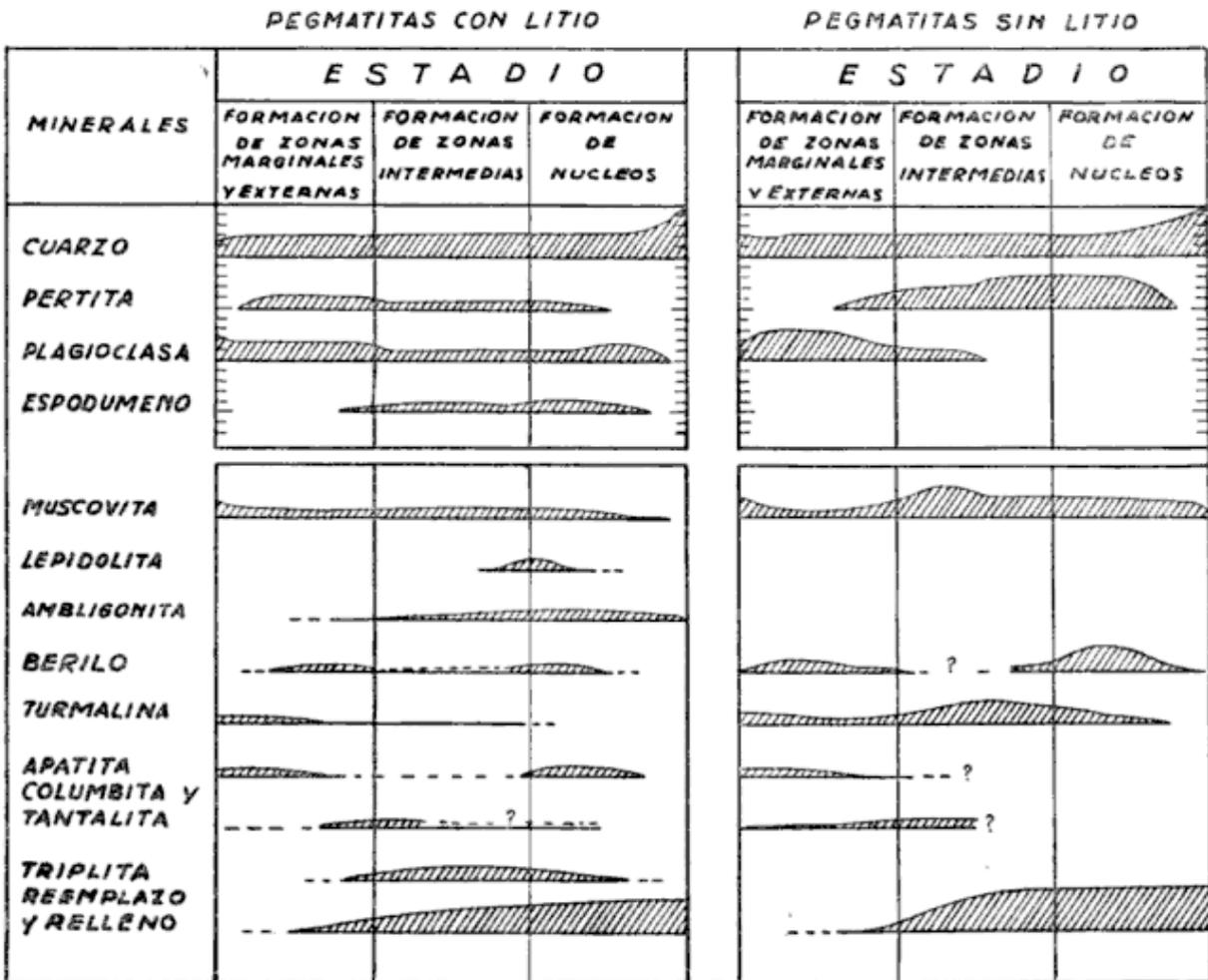
nerales secundarios de uranio, gummita y autunita (Angelelli, 1950).

PARAGÉNESIS

En la tabla I se muestran esquemáticamente las cantidades relativas de los minerales principales que se formaron en los diferentes estadios del proceso genético en los dos grupos de pegmatitas estudiados. Cada uno de los tres estadios en que se ha dividido el proceso corresponde aproximadamente a la formación de ciertas zonas características de las pegmatitas. La edad de los estadios, y consecuentemente, la de los minerales que se forman en cada uno de ellos, aumenta de izquierda a derecha. En términos generales, los gráficos representan la secuencia de cris-

TABLA I

Paragénesis y abundancia relativa de los principales minerales de las pegmatitas (ver texto)



talización de las pegmatitas de la periferia al centro (ver génesis).

Para la construcción de la parte superior del gráfico se ha considerado que los tres primeros minerales del grupo de pegmatitas sin litio (cuarzo, microclino y plagioclasa) y los cuatro primeros de los cuerpos líticos (los tres ya mencionados más espodumeno) constituyen prácticamente la totalidad del volumen de las pegmatitas de cada uno de los grupos. Las alturas de las áreas sombreadas correspondientes a esos minerales representan, además de la cantidad relativa de cada uno de estos minerales que cristaliza en cada estadio, la cantidad en que se forma en relación con los otros minerales del grupo. Esto significa que en cada "instante" del proceso — representado en el gráfico por una sección vertical — la suma de las alturas de las áreas correspondientes a esos minerales es constante y representa la composición global aproximada — en términos de minerales esenciales — del material pegmatítico que está cristalizando.

Para el resto de los minerales — representados en la parte inferior del gráfico — las alturas de las áreas sombreadas indican las cantidades relativas que cristalizan en los diferentes estadios, pero no son proporcionales a la abundancia relativa de cada mineral con respecto a los otros dentro de un mismo grupo de pegmatitas. Cuando se trata de minerales que aparecen en los dos grupos de pegmatitas las alturas de las áreas mencionados son, para cada mineral, aproximadamente proporcionales a la abundancia en que se encuentran en cada grupo. El examen del gráfico muestra, por ejemplo, que el berilo, la muscovita y la turmalina son más abundantes en las pegmatitas no líticas.

Es obvio que el gráfico representa solamente el curso general del proceso para los grupos de pegmatitas y no para cada uno de los cuerpos en particular. En estos últimos faltan a veces

partes importantes de un estadio, como sucede con las pegmatitas sin litio que no tienen zona externa de cuarzo y plagioclasa, y con los cuerpos de los dos grupos que no tienen núcleo de cuarzo (ver tabla II).

SECUENCIA DE LAS ASOCIACIONES MINERALÓGICAS

En la tabla II se muestran las asociaciones mineralógicas presentes en las pegmatitas estudiadas. En la columna de la izquierda de la tabla se expone — en términos de minerales esenciales —, la secuencia generalizada de asociaciones mineralógicas para todo el grupo de pegmatitas, y en las de la derecha las asociaciones presentes en cada una de ellas.

En el grupo de las pegmatitas sin litio la secuencia es simple y muy similar a la que aparece en otros distritos del país estudiados por el autor (Herrera, 1961). En términos generales la secuencia indica un rápido aumento en la proporción de feldespato potásico y cuarzo en las zonas centrales con una disminución correlativa de la proporción de plagioclasa libre. Esto se ve también muy claramente en la tabla I (ver Paragénesis).

En el otro grupo de pegmatitas la secuencia se complica por la aparición de asociaciones portadoras de minerales de litio, pero la evolución general de la cristalización es muy similar, como lo demuestra el hecho de que las asociaciones 1, 2, 3 y 8 sean comunes a los dos grupos y se presenten en el mismo orden. La diferencia principal con el grupo anterior está dada por una proporción mucho menor de feldespato potásico, que es reemplazado en parte por espodumeno y plagioclasa (ver tabla I). Como consecuencia, la asociación 7 (cuarzo-microclino) tan característica del grupo anterior, no aparece en ninguna pegmatita de este grupo, y en los núcleos en que aparece

TABLA II
Secuencia de las Asociaciones mineralógicas

Asociaciones mineralógicas	Gabeza de Navillo	San Elias	San Luis	La Totora	La Viquita	Paso Grande I	Paso Grande II	San José	Las Cuevas	La Esmeralda	Las Palomas	Marta	Angel	El Resnello	Beatrix	San Ramón	El Diablo
1 Plagioclasa, cuarzo, muscovita	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Cuarzo, plagioclasa	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
3 Microclino, cuarzo, plagioclasa con o sin muscovita	X	X	X	X	X	X	X	X _s	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4 Microclino, cuarzo, plagioclasa espodumeno	X																
4 ^a Espodumeno, cuarzo, microclino			X		X												
5 Espodumeno plagioclasa, cuarzo	X			X													
6 Plagioclasa, lepidolita, ambli-gonita		X															
7 Cuarzo microclino con o sin muscovita																	
8 Cuarzo		X															

X Asociación mineralógica presente en una sola zona.

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

microclino este mineral siempre está en proporción menor que los demás componentes esenciales. La plagioclasa, por otra parte, presenta la misma composición (Ab 98-100 %) en todas las zonas, mientras que en el grupo no lítico es algo más cálcica en las zonas externas, llegando hasta Ab 86-88 %.

La posición de la asociación plagioclasa-lepidolita-ambligonita es dudosa, ya que se trataría de una unidad formada, al menos parcialmente, por reemplazo. Este problema se trata en el capítulo referente a génesis.

GÉNESIS

Las pegmatitas estudiadas son evidentemente posteriores a los procesos metamórficos que afectaron a las rocas precámbricas del área de trabajo y están indudablemente relacionadas con las intrusiones graníticas.

Los líquidos que formaron las pegmatitas fueron emplazados en fracturas preexistentes, como lo demuestran la forma de los cuerpos — casi todos tabulares — la existencia de numerosas fracturas, a veces ocupadas por diques, paralelas a los cuerpos pegmatíticos y los indicios de movimiento — trozos de esquistos arrancados de las paredes e incluidos en la masa intruída, pequeños pliegues de arrastre, etc. — que se observan en la roca de caja. En muchos casos las pegmatitas fueron emplazadas en fracturas ocupadas por diques, los que aparecen formando uno de los contactos laterales de los cuerpos.

Existen muchos indicios de que los espacios ocupados por las pegmatitas dentro de los planos de falla fueron formados por la presión de las soluciones inyectadas mecánicamente. Los contactos con la roca de caja son en general muy netos y los trozos de esquistos que se proyectan dentro de las pegmatitas, o que están incluidos en ellas, sólo muestran indicios de un reemplazo muy incipiente. Además,

en la zona externa de la pegmatita "La Tectora" se encuentran incluidos grandes trozos irregulares de uno de los diques comunes en la zona. Los bloques no están orientados, no muestran indicios de reemplazo y están rodeados por una zona muy angosta — 2-3 mm — de grano muy fino, similar a las zonas marginales que aparecen en los contactos de todos los cuerpos. Es evidente, en consecuencia, que la inyección — producida probablemente a lo largo del contacto este del dique — estuvo acompañada de perturbaciones mecánicas lo suficientemente intensas como para fracturar el dique, y que al efectuarse la separación de las paredes por efecto de la presión de los fluidos pegmatíticos los trozos del dique se desprendieron y quedaron incluidos en éstos.

La evolución de las pegmatitas después del emplazamiento fue evidentemente similar a la de las pegmatitas zonales de otras partes del mundo. Se han propuesto varios procesos para explicar la formación de las zonas, pero el que ha alcanzado mayor aceptación en la actualidad supone que se han originado por la cristalización progresiva de un líquido desde las paredes hacia el centro en un sistema cerrado, y que las diferencias litológicas entre zonas adyacentes se deben a cristalización fraccional y a la reacción incompleta entre generaciones sucesivas de cristales y el líquido residual. No es necesario repetir los argumentos en favor de esta hipótesis, ya que son bien conocidos y han sido expuestos en detalle por numerosos autores (en especial Camerón et al., 1949). No obstante, conviene señalar, por el notable desarrollo que alcanzan en algunas pegmatitas de la región, que las zonas portadoras de cristales de espodumeno orientados hacia el centro y que se ensanchan en la misma dirección (Lám. 1) son uno de los indicios más importantes de cristalización progresiva a partir de las paredes de los cuerpos.

La asociación plagioclasa-lepidolita-ambligonita, si bien se presenta con los caracteres morfológicos de las zonas formadas por cristalización primaria — capas continuas o discontinuas que envuelven total o parcialmente al cuerpo pegmatítico — tiene algunas características que obligan a considerar en forma especial el problema de su génesis. Las dos subzonas en que aparece la asociación presentan diferencias básicas con las zonas adyacentes. La composición mineralógica se caracteriza — además de por la presencia de minerales de litio — por su deficiencia en cuarzo y feldespato potásico, ambos minerales abundantes en las zonas que rodean a la asociación mencionada. Además, el grano fino a muy fino de la asociación difiere marcadamente de la textura de las zonas adyacentes. Si se admite la hipótesis de la cristalización primaria resulta difícil imaginar un mecanismo que explique variaciones tan bruscas, tanto en la composición como en la textura, del material que va cristalizando. Por otra parte, la marcada diferencia entre las composiciones de las dos subzonas — una con albita, ambligonita y cuarzo como constituyentes esenciales y elbaíta y berilo como accesorios, y la otra compuesta exclusivamente por lepidolita y albita — y las relaciones espaciales entre ellas (fig. 2) indican que se han formado probablemente en momentos distintos del proceso genético. Es necesario tener en cuenta también que los componentes más importantes de estas unidades — cleavelandita y lepidolita — son minerales típicos de las últimas fases de la cristalización de los líquidos pegmatíticos. En consecuencia, es muy probable que esas unidades se hayan originado en las etapas finales de la evolución de la pegmatita, y que su emplazamiento se haya producido, por lo menos en parte, por reemplazo.

En cuerpos de composición similar a los descriptos, estudiados por Jahns

(1953, pág. 1104) este autor llega a la conclusión de que por lo menos el 22 % del volumen de la unidad se ha originado por reemplazo de material previamente cristalizado, y Hutchinson (1959, pág. 1540) refiriéndose a un cuerpo de albita y lepidolita de grano muy fino, sugiere que se ha formado por reemplazo de una zona ya cristalizada.

Por sus características particulares de composición y textura, la pegmatita San Luis II (pág. 10) presenta también un problema interesante de génesis. Su composición global no corresponde a la de ninguno de los cuerpos de la zona, pero es similar a la de algunos núcleos, como puede verse comparándola con la composición de esa unidad en la pegmatita Cabeza de Novillo (pág. 16). Su origen puede explicarse suponiendo que en la fase final de la formación de una pegmatita de composición análoga a la de esta última, una porción del líquido residual fue eyectado — probablemente por la acción de fuerzas tectónicas — y cristalizó lejos del cuerpo original. Este mecanismo ya fue expuesto por el autor (Herrera, 1961) para explicar la existencia, en algunos distritos, de pegmatitas cuya composición representa sólo una fracción de la composición media del grupo. La textura de grano fino se debería a la pérdida, durante el proceso de expulsión del líquido residual, de gran parte de los volátiles que éste contenía.

UNIDADES DE REEMPLAZO Y DE RELLENO

Uno de los problemas que se ha planteado siempre en el estudio de las pegmatitas es el de determinar si las unidades de reemplazo que aparecen prácticamente en todos los cuerpos estudiados hasta ahora han sido formadas por soluciones provenientes del interior de la pegmatita — es decir, por un fluido residual originado en el curso de la cristalización del líquido pegmatítico — o

de fuentes exteriores al mismo de origen desconocido. En las pegmatitas de San Luis existen muchos indicios de que las soluciones reemplazantes provinieron del interior del cuerpo. El mayor volumen de reemplazo está localizado en las zonas intermedias, preferentemente en las proximidades del núcleo, y cuando está controlado claramente por fracturas éstas no llegan prácticamente nunca a la periferia del cuerpo. En general, puede decirse que hasta donde ha sido posible determinarlo no existe ninguna relación entre las unidades de reemplazo y posibles vías de acceso para las soluciones desde el exterior del cuerpo. Por otra parte, y como ya ha sido señalado al describir las unidades de reemplazo, la cantidad y el tipo de éstas dependen en gran medida del tipo de pegmatita. Esto es particularmente importante porque los dos tipos de pegmatitas se caracterizan por la presencia o no de minerales de litio y por diferencias en las cantidades relativas de los minerales esenciales, caracteres ambos que no parecen ser suficientes para determinar una diferencia notable en cuanto a susceptibilidad a los procesos de reemplazo. En cambio, las diferencias anotadas pueden ser suficientes para producir un cambio importante tanto en la cantidad como en la composición del líquido residual de la cristalización.

Una objeción que se ha hecho con frecuencia a la hipótesis del reemplazo por soluciones provenientes del interior del cuerpo es la del volumen de estos fluidos que, en algunos casos, tendría que ser muy grande en relación con el volumen total del cuerpo. En el caso que nos ocupa, como ya se ha dicho, el volumen del reemplazo no alcanza probablemente nunca a representar más del 5 % del volumen total del cuerpo. Además, la cantidad de material transportado en uno u otro sentido en el reemplazo es mucho menor que las adiciones y pérdidas de especies minerales

como tales ya que, como ha sido señalado por numerosos investigadores, muchas alteraciones no suponen un reemplazo masivo, sino más bien involucran el intercambio de ciertos radicales y la remoción de una cantidad relativamente reducida de material reemplazado. En las pegmatitas de San Luis el proceso implica esencialmente el reemplazo de feldespato potásico y cuarzo por albita y muscovita y, en menor proporción, de feldespato potásico por cuarzo. Considerando la composición de los minerales iniciales y finales resulta que las soluciones debieron aportar Al_2O_3 , Na_2O , H_2O y algo de OCa , y eliminar SiO_2 . En cuanto al potasio necesario para el reemplazo del cuarzo por muscovita, es muy probable que proviniera del liberado por el reemplazo del feldespato potásico. Si bien no es posible calcular con exactitud la cantidad de esos componentes movilizadas, es evidente que es mucho menor que la cantidad total del reemplazo considerado desde el punto de vista de la sustitución de minerales.

En las pegmatitas líticas es muy probable que la alteración del espodumeno se deba también a soluciones residuales provenientes del interior del cuerpo. La distribución de la alteración es irregular — en el mismo cuerpo se observan cristales frescos y otros alterados en diverso grado — y no parece tener ninguna relación con las partes de la pegmatita más expuestas presumiblemente a la acción meteórica, o con fracturas o cualquier otra vía posible de acceso de soluciones desde el exterior.

Las unidades de relleno se han originado por inyección del líquido residual en fracturas producidas en las partes ya consolidadas del cuerpo pegmatítico en diversas fases del proceso genético. Como se ha observado repetidamente en otros distritos, la composición del relleno es igual a la composición media de la parte de la pegmatita no consolidada al producirse la frac-

tura. Las unidades compuestas por microclino cuarzo y muscovita que atraviesan las zonas intermedias y se pierden en zonas internas de composición similar representan al relleno de fracturas producidas cuando todavía una porción considerable de la pegmatita no había cristalizado y el líquido residual tenía una composición bastante similar a la global del cuerpo. Las unidades de composición más simple — cuarzo, albita o mucovita — parecen haberse producido al final del proceso genético, y como ya se ha señalado, están estrechamente relacionadas con las unidades de reemplazo de la misma composición.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Angelelli, V. (1950), *Recursos minerales de la República Argentina*. — Rev. Inst. Nac. de Invest. Cien. Nat., tomo II.
- Cameron, E. N.; Jahns, R. H.; Mc Nair, A. N. y Page, L. R. (1949), *Internal structure of granitic pegmatites*. — Econ. Geol. Monograph 2.
- Folk, R. L. (1947), *The alteration of feldspar and its products as studied in the laboratory*. — Am. Jour. Sci. v. 245, pp. 388-394.
- González Bonorino, F. (1950), *Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas*. — Rev. Asoc. Geol. Arg., t. V, n° 3.
- González Rafael R. L. (1957), *Descripción geológica de la hoja 22 g, Quines (San Luis)*. — Bol. Dir. Nac. Min. n° 87, Buenos Aires.
- Herrera, A. O. (1958), *Estructura interna de las pegmatitas micacíferas de Valle Fértil (Provincia de San Juan)*. — Contr. Cient. Fac. Cien. Ex. y Nat. Univ. Bs. Aires, vol. II, n° 1.
- (1961), *Estructura interna de las pegmatitas micacíferas de Alta Gracia (Prov. de Córdoba)*. — Rev. Asoc. Geol. Arg., tomo XVI, n° 1-2.
- Hutchinson, R. W. (1959), *Geology of the Montargy pegmatite*. — Econ. Geol., vol. 54.
- Jahns, R. H. (1952), *Pegmatite Deposits of the White Picacho District, Maricopa and Yavapai Counties, Arizona*. — Bull. University of Arizona, vol. XXIII, n° 5.
- (1953), *The genesis of pegmatites (II): Quantitative analysis of Lithium Bearing Pegmatite, Mora County, New Mexico*. — Am. Mineral., vol. 38, pp. 1078-1112.
- (1955), *The study of pegmatites*. — Econ. Geol. Fiftieth Anniversary Volume, pp. 1072-1075.
- Methol, E. *Descripción geológica de la hoja 22 g, Santa Rosa (en preparación)*. — Dirección Nacional de Geología y Minería.
- Pastore, F.; González, R. R. L., (1954), *Descripción de la hoja 23 g, San Francisco (San Luis)*. — Bol. Dir. Nac. Min. n° 80, Buenos Aires.
- Pastore, F. y Ruiz Huidobro, O. P. (1952), *Descripción geológica de la hoja 24 g, Saladillo*. — Bol. Dir. Nac. Min. n° 78, Buenos Aires.
- Yoder, H. S. y Eugster, H. P. (1955), *Synthetic and natural muscovites*. — Geochimica et Cosmochimica Acta. Vol. 8.

Manuscrito recibido en diciembre de 1962

EXPLICACION DE LA LAMINA

LAMINA I

- Fig. 1: Pertita de bandas. Corresponde a una muestra de microclino proveniente del núcleo de la pegmatita Paso Grande.
- Fig. 2: Combinación de pertitas de bandas y maculosa. Núcleo de la pegmatita San José.
- Fig. 3: Pertita maculosa. Zona intermedia de la pegmatita Cabeza de Novillo.
- Fig. 4: *a)* venilla de albita en microclino, originada por reemplazo a partir de fracturas; *b)* banda de albita pertítica.
- Fig. 5: Pertita en la que el microclino ha sido reemplazado totalmente por un intercrecimiento de grano muy fino de albita y muscovita. Se ven las bandas de albita (*ab*) contenidas originariamente en la pertita.
- Fig. 6: Muestra de la subzona plagioclasa-lepidolita; *cl*, cleavelandita; *l*, lepidolita.

