

42
IB-0542

542

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA

MIGMATIZACION

Y SUS PRODUCTOS

por

DR. FERNANDO L. SESANA

1978

PARA USO DE LA SECRETARIA
DE ESTADO DE MINERIA



Ministerio de Economía
Secretaría de Estado de Finanzas

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA

MIGMATIZACION

Y SUS PRODUCTOS

por

DR. FERNANDO L. SESANA

1978



Ministerio de Economía
Secretaría de Estado de Minería

INTRODUCCION

Este trabajo tiene por finalidad, tratar de establecer el origen de la granitización y los distintos procesos que tienen lugar en la formación de las rocas denominadas migmatitas, en sus distintas variedades y, en especial, el de los granitos autóctonos y sus diferenciaciones con los plútónicos.

En estas páginas se resumen las numerosas observaciones de campo y gabinete, realizadas por el autor en las Sierras de Córdoba y Macizo Nor-Patagónico, durante los años 1960 a 1972, como así mismo las consideraciones principales de las teorías magmatistas y transformistas.

Pretende además ser una guía de interpretación para establecer los conceptos litotexturales, en la clasificación de las rocas de mezcla.-

Mucho es lo que se ha escrito y se escribirá para dar a conocer el resultado de las investigaciones inherentes al origen y formación de la granitización y a las rocas resultantes de tal proceso, llamadas por Sederholm migmatitas.

De tal manera, luego de más de sesenta años de investigaciones, las mismas se encuentran agrupadas invariablemente dentro de las dos hipótesis clásicas: Magmatista y Transformista.

Bajo estos dos puntos de vista genéticos, se han elaborado diversas teorías y se han dado ejemplos demostrativos para aclarar y fundamentar de que lado estaría la verdad en el proceso de la formación de migmas, y poder establecer más claramente el origen de las rocas de mezcla, también denominadas por Grout con el término de "igneus looking rocks".

En aquellas fases donde el metamorfismo y la migración iónica constituyen procesos genéticos principales, puede producirse la formación de la roca sin la intervención de ambos procesos actuando en forma aproximadamente simultánea, quedando supeditado uno al otro según los casos. En ciertas rocas pueden verificarse las relaciones entre ambos procesos de acuerdo con su origen.

Debemos destacar muy especialmente, que en la interpretación de la hipótesis correspondiente, en este tipo de investigaciones, depende fundamentalmente de la seriedad con que el investigador considere el problema en sí, teniendo en cuenta los numerosos ejemplos de rocas de mezcla de las distintas regiones de la Tierra.

En nuestro territorio, a través de las numerosas zonas de migmatización localizadas en el ámbito de las Sierras Pampeanas, Macizo Nor-Patagónico, Precordillera, etc., se ha puesto en evidencia, que las intrusiones graníticas son las que han dado lugar en mayor medida a la formación de las distintas variedades de migmatitas.

Además son importantes y numerosas las migmatitas que fueron engendradas por la acción de penetraciones de cuarzo y oligoclasa, evidenciando de esta forma una naturaleza de composición tonalítica.

Dejemos debidamente aclarado que muchas rocas del basamento, consideradas en principio como granitos intrusivos clásicos, han sido clasificados como rocas migmatíticas de acuerdo con los nuevos conceptos en la materia.



Ejemplos de este tipo son numerosos en nuestro territorio, a tal punto que aproximadamente el 60% de los granitos considerados como tales, resultan ser rocas de mezcla denominadas en la actualidad "granitos migmatíticos".

De esta manera podemos establecer que si bien los magmas graníticos son los que general los principales tipos de migmatitas, ellos no son los únicos formadores de este tipo de rocas.

Así es posible observar que una inyección lit-parlit, de variada composición, puede migmatizar en grado diferente y con distinta intensidad a una Formación metamórfica o sedimentaria, debido a un amplio proceso de metamorfismo regional.

En principio estaríamos ante una facies migmatítica que no siempre termina ahí, sino que puede proseguir transformando al paleosoma; de esta manera y según Goldschmidt, mediante un metasomatismo alcalino, las soluciones alcalinas expulsadas por un granito en proceso de cristalización, penetran en las rocas pelíticas, medida que disminuye la temperatura, reaccionan con minerales como la mica y cloritas que tienen exceso de alúmina, originando feldespatos alcalinos; su resultado es una roca enriquecida metasomáticamente en álcalis.

Otro de los procesos de formación de migmatitas son los iniciados por soluciones pneumatolíticas-pegmatíticas y que suelen resolverse como acción de pegmatización.

Composición y Texturas de las Migmatitas

Si consideramos que las migmatitas son rocas de mezcla originadas por procesos metamórficos, debemos reconocer las rocas que intervinieron en su formación.

A la roca madre, primitiva o inicial, se la denomina paleosoma; por lo general está representada por las correspondientes a las facies de exquisitos verdes del metamorfismo regional de grado mediano a elevado, como así también, en escasa cantidad por rocas sedimentarias.

Al material de origen ígneo o derivado de un metasomatismo químico, que afecta en grado diverso la composición y textura del paleosoma se lo reconoce con el nombre de neosoma o material aportado de nueva formación.

En nuestro país, en las regiones ya mencionadas, el neosoma está constituido por ícor de soluciones de origen graníticas y tonalíticas, como así mismo de diferencias periféricas de emplazamientos poco profundos, pertenecientes al mismo tipo de rocas, arriba señalado. En casi todas las zonas estudiadas se advierte un predominio de neosoma de composición granítica.

De acuerdo con la proporción de neosoma aportado y al grado de obliteración textural del paleosoma metamórfico, las rocas de mezcla resultantes pueden clasificarse de la siguiente manera:

1º) Cuando el neosoma es aproximadamente inferior al 45% de la roca, sin obliteración marcada de la textura original, y se desarrolla en el paleosoma en forma de venillas o arteritas tipo lit-par-lit, a la roca resultante se la considera como esquisto inyectado, micacita inyectada o anfibolita inyectada.

2º) Cuando la penetración de material ígneo es igual o mayor que lo apuntado en (1º), con una propagación no definida en venillas, sino acentuadamente difusa, con rasgos lineales de los movimientos del avance de neosoma pero conservando la roca original gran parte de sus caracteres texturales; la roca resultante es conocida como esquisto migmatizado.

3º) Cuando el neosoma supera el 50% del paleosoma y la textura original de la roca es fuertemente obliterada, reconociéndose algunos rasgos lineales y sobre todo una abundante proporción de biotita proveniente del paleosoma, estamos en presencia de una migmatita.

a) La identificación en esta migmatita de un neosoma granítico, granodiorítico o tonalítico, indicará la naturaleza de la composición ígnea de la migmatización. De tal manera la migmatita se denominará: granítica, tonalítica, etc.

b) Independientemente de la composición del material de origen ígneo, estas migmatitas pueden ser clasificadas como porfidoblásticas si su textura presenta porfidoblastos de microlino, cuarzo o plagioclasa.

4º) Con cierta frecuencia, el avance magmático, acompañado a veces por un metasomatismo químico tardío durante la migmatización, transforma en tal grado a la roca original que la roca resultante adquiere caracteres texturales semejantes a un granito clásico o normal; a esta roca se la conoce con el nombre de granito migmatítico, pudiendo ser su textura indistintamente porfidoblástica o granoblástica.



Los granitos así formados, difieren de los de origen estrictamente magmático por su mayor proporción de componentes féficos, como así también por su aglutinamiento irregular y porqué con frecuencia suelen presentar cierta alineación. De estos minerales, los más frecuentes en estos tipos de roca, son las micas y de ellas muy particularmente la biotita.

Consideraciones sobre el origen de migmatitas

A estos granitos migmatíticos J.J. Sederholm los denominó también, granitos de anatexis, (o cambio anatéctico) ó granitos de fución, y difieren fundamentalmente de los granitos intrusivos, en que éstos tienen sus bordes aproximadamente netos en contraste con los bordes transicionales que por su génesis presentan los granitos de anatexis. A tales granitos (Mischgestein) los ha denominado MIGMATITAS.

Excepto los granitos de anatexis mejor individualizados como granitos migmatíticos, los distintos tipos de rocas reconocidas como migmatitas, tienen en su mayoría, textura gnésica; al respecto debemos aclarar el significado de gneis.

Por lo general desde hace tiempo se viene llamando gneis a la roca que muestra ese tipo de textura, dicha denominación se considera desacertada, pues gneis es un término exclusivamente textural y nó genético como se pretende al emplearlo en la individualización de un tipo de roca metamórfica. Como sustantivo denominativo de rocas, sólo se lo puede emplear cuando identifica a una roca ígnea metamórfica del grupo de los ortogneis.

Un ejemplo clásico lo tenemos en las micacitas y migmatitas ; este tipo de metamorfitas pueden o no presentar caracteres gnésicos en sus texturas. Pero tal denominación individualiza sólo un aspecto textural de la roca, independiente de los procesos que le dieron origen.

Debemos considerar a los "Icors" (Sederholm 1934) como uno de los factores principales de los procesos que dan origen a las migmatitas. Estos icors son soluciones migmatizantes normalmente de composición granítica, según los datos proporcionados por las investigaciones de Sederholm, éstos las encontrarían directamente vinculados con masas magmáticas profundas.

En los casos de inyección como en los ejemplos que se ven en los esquistos inyectados, con sus formas penetrantes sinuosas como en los de lit-par-lit, es material y su manera de propagarse fueron llamados por Sederholm, arteritas.



Cuando las arteritas se expanden en forma venosa y entrecruzada, asimilando en su desarrollo paleosoma, se dice que forma una brecha de inyección que se conoce con el nombre de Agmatita.

Cuando la penetración encuentra una firme oposición a su avance, en vez de propagarse en forma de arteritas lo hace grano a grano de manera uniforme y difusa (tipo nube) denominándose la inyección o propagación Nebulítica.

Por lo tanto las arteritas, agmatitas y nebulitas son variedades genéticas texturales de las migmatitas o rocas de mezcla.

Procesos de migmatización o de granitización

Las venillas de penetración de origen magnético pueden presentar disposición de tipo fluidal o de foliación. Esta última es discordante con las partes de la migmatita y separada entre sí por una distancia pequeña.

En las rocas inyectadas y luego deformadas por plegamientos energéticos dichas venillas están en brusco desacuerdo entre los puntos armónicos de la textura.

Los pliegues cuando son singenéticos con la deformación de la roca, se denominan plegamientos symmigmáticos (Roque).

Cuando las venillas magnéticas son plegadas al mismo tiempo que la roca, antes de su solidificación, son denominados pliegues ptigmáticos (en estado de fusión). En este caso tanto el magma granítico como la roca inyectada se encuentran en estado semifluido.

En todos los procesos denominados de anatexis, aparecen estos caracteres de una manera mas o menos evidente.

Las rocas sometidas a la inyección se presentan como semifluidas. Dicho estado es una de las fases mas o menos avanzada del proceso conducente a la consolidación definitiva de la roca.

En las primeras fases, la materia semi-plástica se deforma según guías irregulares y discontinuas, fisuras provocadas por la presencia de filones magnéticos. En las fases siguientes el proceso es más avanzado, teniendo lugar la formación de la nebulita, que da origen al granito con textura homogénea.

Sederholm describió con precisión un buen ejemplo del proceso de anatexis; señaló de que manera la acción de un filón de basalto sobre un granito viejo de la región de Barösunds fjärd, luego de un extenso período de erosión y sedimentación, originó nuevos fluidos que se reinyectaron en las fisuras producidas en el filón basáltico.

Como resultado de este fenómeno, quedó un granito mucho más viejo que el basalto y otro mucho más nuevo. Entonces por efecto de la anatexis sobreviene un cambio textural en las rocas viejas, las que adquieren un nuevo aspecto (Raguin dijo que toman nueva vida). Este proceso fué llamado palingénesis por Sederholm (regeneración a gran profundidad); es material "resucitado que adquirió de tal manera una nueva eruptibilidad.

C.E. Wegmann denominó frente de migmatitas al límite superior de las migmatitas, en una región dada. Además J. Jung y M. Roques han definido que las facies de las migmatitas se suceden de arriba hacia abajo a partir del frente de migmatitas.

Ellas son las diadysitas, donde los magmas están restringidos, individualizados y separados de la roca encajante, constituyendo filones de inyección lenticulares. Esta fase no siempre está representada.

Luego vienen las embrequitas donde las inyecciones están generalizadas e íntimamente asociadas, como lit-par-lit, en la trama migmatizante. Estas inyecciones se encuentran combinadas con una esquistosidad regular, o bien afectada de plegamientos symmigmáticos. En el último caso la roca adopta la facies rugosa de las arteritas. Se pasa así a anatexistas de aspecto nebulítico y de plegado difuso e incoherente, como si fuera la visión de un granito indiferenciado.

Petrología de la Migmatización

Según Raguin, el granito de anatexis del Plateau de Guéret muestra porfidoblastos de ortosa; dicho granito migmatítico se genera mediante procesos de asimilación, a expensas de una metamorfosis gnéissica cordierítica llamada "gneis de Aubuson".

Nos llama la atención la presencia en dicho granito, de porfidoblastos de ortosa, debido a su alta temperatura de cristalización la explicación la encontramos en el hecho de que este granito de anatexis de Guéret tiene su fuente de formación en zonas de refusión, con lo que se explicaría la presencia de ortosa en el ámbito de la migmatización.



En los numerosos casos de migmatización que hemos estudiado en nuestro territorio, comprobamos que el feldespato potásico presente es predominantemente microclino; sólo encontramos ortosa integrando soluciones granitizantes, en las inmediaciones del plutón granítico de Nahuel Niyeu en la zona central de la provincia de Río Negro.

Por lo tanto, no es desacertado suponer que la presencia de ortosa, tanto en Guéret como en Nahuel Niyeu, puede deberse a un proceso palingenético de un granito anterior reactivado por nuevos aportes. La presencia de porfidoblastos de ortosa en el granito, hace suponer que fueron emplazados por la acción semi-fluida de una nueva generación implantados en las metamorfitas de caja respectivas.

También puede admitirse que un metasomatismo deutérico haya provocado la formación de los porfidoblastos citados.

González Díaz (comunicación verbal) y el que suscribe han comprobado en forma independiente que en el basamento de las Sierras Pampeanas, las arteritas pueden tener diferente composición mineralógica. Se ha podido constatar que las inyecciones de cuarzo y oligoclasa son en todos los casos, anteriores a las penetraciones de cuarzo-microclino. Por esa causa, es frecuente hallar esquistos con arteritas de cuarzo-oligoclasa anteriores a una migmatización granítica.

Este hecho avalaría la teoría de la diferenciación magmática, demostrando que la presencia de cuarzo-oligoclasa de origen tonalítico es anterior, en los procesos de granitización, a los de origen granítico. Por lo tanto, es razonable afirmar que los cristalizados tonalíticos han sido los primeros en desplazarse durante la migmatización.

Además no debemos desechar la posibilidad de que gran parte de las inyecciones cuarzo feldespáticas, que afectan las distintas Formaciones metamórficas de las Sierras Pampeanas, pueden también tener un origen pneumatolítico-hipotermal. Esta opinión no es excluyente de la dada por el autor; por el contrario pueden estar ligadas genéticamente y actuar al mismo tiempo.

Las arteritas y los filones cuarzo oligoclásicos podrían ser portadores a su vez de minerales cristalizados en las fases pneumatolítica-hipotermal.

A la teoría sustentada por Sederholm acerca de la



Ministerio de Economía
Secretaría de Estado de Minería

formación de las migmatitas, se oponen totalmente los argumentos de Holmquist; si bien este investigador no niega la presencia de granitos mágnéticos y de arteritas, a las que él llama venitas, formadas por la inyección de material de origen mágnético en las rocas preexistentes, considera que en casos restringidos, su origen puede deberse a esas fuentes.

Esta opinión, trae como consecuencia un cambio fundamental en la interpretación del origen del granito; en efecto Holmquist negó los procesos de palingénesis, según la hipótesis de Sederholm, para explicar la procedencia de los materiales graníticos que forman en gran parte las migmatitas, y atribuyó a los procesos del metamorfismo regional un rol fundamental en la formación de los materiales de tal género, en especial los de origen pegmatíticos. El metamorfismo regional produce una foliación o una granulación (gneis granítico, también considerado migmatita granítica) de los constituyentes de la roca y su recristalización en la mayoría de los casos. Uno de los tipos más importantes de esta recristalización es la pegmatización, frecuente en los granitos alcalinos.

En los granitos de grano normal, por efectos de presiones, se forman primeramente granitos de textura gnésica.

Estas rocas si son afectadas por un metamorfismo ulterior de carácter regional, pueden perder su textura gnésica adquirida, reapareciendo una textura granuda maciza, tomando el aspecto de un granito pegmatítico debido al tamaño de su grano. Estos tienen una textura más gruesa que los granitos clásicos de procedencia mágnética.

La posición de Holmquist no tiene en cuenta la secuencia textural de las arteritas y de los pliegues, al negar el origen mágnético de los mismos; asimismo desconoce que si bien el cuarzo y el feldespatos forman lentes, bandas y guías, también forman masas mayores que cortan a los planos de esquistosidad de las metamorfitas gnésicas. Para el autor en cambio tienen procedencia mágnética y los icorres migmatizantes se han desarrollado cortando las estructuras previas y más fácilmente siguiendo los planos de menor resistencia, establecidos por la esquistosidad o por la foliación.

El concepto de migmatita introducido por Sederholm fue ampliado por Wegmann, que realizó sus estudios sobre el basamento del Escudo Báltico y de Groenlandia.



Considerando las intrusiones magmáticas ácidas en las partes más elevadas de las cadenas montañosas, sugirió una explicación según la mecánica de los diapiros. Esto se debe que a continuación del ascenso de masas livianas se puede verificar un aumento de movilidad en las rocas circundantes, como consecuencia de aporte térmico y químico. El material así activado puede entrar en movilidad, por lo que las rocas originariamente rígidas pasan a comportarse en distintos períodos como móviles.

A un cierto nivel, el balance térmico de las partes más elevadas del diapiro es negativo, por lo que el material empieza a cristalizar y a descender, mientras otra parte de la masa rocosa puede ascender por vía distinta.

Solamente ahí donde el enfriamiento ha impedido los movimientos ulteriores y facilitado la homogeneización de las partes móviles, se encontraron los indicios que señalan los movimientos producidos.

En el trabajo dedicado expresamente al estudio de las migmatitas, Wegmann expresó que estas formaciones características de las zonas de pasaje entre rocas intrusivas anteriores, con generación de rocas mixtas por participación de materiales de origen diverso, son un grupo fenomenológico. En ellas se distinguen el sustratum o roca primaria y el material aportado.

El granito en su avance y emplazamiento transforma, digiere y modifica a la roca de caja textural y mineralógicamente.

Examinando detenidamente sus relaciones con el paleosoma se observan dos situaciones: 1) Zona de migmatitas. Según Wegmann se trata de un episodio de toma de posición y solidificación del granito, dando origen a una zona de migmatita sensu estricto, en el cinturón de contacto con el paleosoma. 2) Zona migmatítica. Constituye una zona intermedia entre la parte del paleosoma diversamente modificado y el granito migmatítico del autor, en la que la intensidad de los procesos de migmatización han convertido a la roca original en otra muy semejante a un granito magmático clásico.

En este tipo de granitos hay relictos de la roca preexistente, en la que subsiste su textura original.

Las rocas así granitizadas se encuentran comprendidas entre las migmatitas (granitos migmatíticos, esquistos migmatizados).

Sucesivos ciclos metamórficos pueden destruir los relictos del paleosoma que evidencian el origen de la roca.

Debemos considerar de fundamental importancia los procesos que intervienen en la formación de las migmatitas. También los movimientos del material aportado y extraído del paleosoma de las rocas formadas a expensas de él, es decir las migmatitas.

Los materiales aportados se consideran generalmente acompañados o directamente vinculados a soluciones pneumatolíticas o hidrotermales.

Otro de los conceptos que debemos dejar aclarado dentro de los procesos de transformación migmatítica es el siguiente: Intrusión de fractura; son inyecciones entre agregados de varios tipos, como se comprueba para muchas aplitas, pegmatitas y en algunas rocas venosas (gneis de inyección lit-par-lit); refusión, proceso del que se conocen ejemplos (Sederholm cita un filón dentro del cual el granito encajante refundido envía venas pequeñas) pero que es raro; y por último migración de materia por vía molecular a través de la roca y reacción con la misma por metasomatismo.

Este tipo de migración es muy difundido e importante. La mayor evidencia del aporte es el enriquecimiento de feldespatos en rocas empobrecidas en álcalis.

La orientación anterior de la textura en el paleosoma, es revelada por mica residual o granate de nueva formación.

Este hecho prueba que la roca no ha llegado a ser nunca una masa fundida carente de textura orientada.

Este proceso permite resolver uno de los problemas más serios en muchas rocas venosas, es decir el de la formación de espacios en los que se establecen las venas leucocráticas.

En la roca de caja se pueden observar, en algunos casos, espacios de fusión o solución que interrumpen la continuidad de la estructura preexistente y en los que se han formado pegmatitas por recristalización debido a metasomatismo.

Dichas pegmatitas contienen frecuentemente grandes individuos de biotita, aún donde las partes oscuras del paleosoma se encuentran constituidas por hornblenda y granate.

Estas rocas, producto de la pegmatización, no se confunden por sus caracteres texturales con las de naturaleza filoniana o con las formadas por aportes deutéricos graníticos, aunque en la práctica su diferenciación no es siempre posible cuando

la heterogeneidad textural aparece parcialmente obliterada.

Por observaciones realizadas en las Sierras Pampeanas, Precordillera y Macizo Nor-Patagónico, comprobamos que las transformaciones del tipo señalado son más evidentes en micacitas, micacitas gnéisicas, esquistos de la facies de esquistos verdes, etc., en cambio, las anfibolitas son las rocas que menos se migmatizan; pueden ser biotizadas por el aporte de álcalis en una zona de pocos milímetros, en sus bordes. Su núcleo permanece intacto, a lo sumo con clorita; ello demuestra que el agua aportada precede a los álcalis (en este caso al potasio).

Volviendo a la concepción de Wegmann, llegamos al caso de que si se suceden movimientos, las laminillas micáceas se orientan y entre sus capas se dispone el feldespato, de manera que la roca pasa a una migmatita (señalada como gneis por ese autor).

Con el continuo aporte las partes oscuras del paleosoma (biotita), disminuyen cada vez más, hasta que se constituyen pequeñas zonas de granito claro, en el paleosoma.

Si bien Wegmann en principio no negó el origen magmático de las migmatitas, posteriormente en base a la teoría de migración de elementos lo niega confundiendo las interpretaciones de los fenómenos magmáticos.

De la teoría de Wegmann, se puede deducir que no son los magmas los que generan a las migmatitas en los bordes de los plutones (Sederholm, el autor y otros) por el contrario, son los magmas los que se forman de las migmatitas por fenómenos de movilización y migración de materia impulsada, hasta llegar a la homogeneidad.

Ahora pasamos a considerar el punto de vista del investigador finlandés P. Eskola y su postulación sobre la diferenciación metamórfica y su anatexis diferencial.

Eskola trata de interpretar el origen de las rocas mixtas entre las posiciones extremas de magmatistas y ultrametamórficas, asumiendo por su parte una posición intermedia.

Admite este autor, según los casos, diversas posibilidades para la génesis de la formación de las rocas que estamos considerando.

Eskola expresó que durante el metamorfismo de dislocación, las rocas son expuestas a las deformaciones por acciones mecánicas y a las variaciones de temperatura y presión.



Tienen lugar por eso, transformaciones químicas y migraciones de sustancias que pueden conducir a una diferenciación en los componentes minerales; ello es indicado como diferenciación metamórfica. Esta puede afectar a los más variados tipos de rocas como por ejemplo: micaesquistos con venas de cuarzo, gneis venosos (venitas de Holmquist) y gneis o micaesquistos granatíferos, con metacristales de granate concentrados en lentes o en bandas.

Se forman rocas venosas, debido también a inyecciones migmatíticas. No siempre es posible o, por lo menos, fácil decidir cual es el proceso que da origen a estas rocas.

Es bueno recordar, que de acuerdo con las experiencias realizadas por el autor en distintas regiones del país, toda roca designada como gneis, es muy probablemente que sea migmatita o rocas con diferente estado de inyección, que preceden a los procesos finales de una migmatización.

Según Eskola los cambios metamórficos por diferenciación dentro de una masa rocosa, pueden ocurrir por crecimiento de cristales o de agregados cristalinos. En algunos casos se observan gruesos individuos de granate, estaurolita, etc. crecidos a expensas de los individuos vecinos. La concentración de la sustancia emigrante, en forma de esfera, llega a ser menor alrededor del cristal en crecimiento. Este es el principio de la concreción.

Otra vía de diferenciación es la concentración de las sustancias menos solubles. Si entre los minerales neoformados por recristalización, uno de ellos es poco soluble en el líquido intersticial que ocupa los poros de la roca sometida a metamorfismo, precipita y cristaliza.

De esta manera se puede establecer que la pseudomorfo-sis de mica y clorita sobre estaurolita, andalucita y cordierita, indican un enriquecimiento en potasio, procedente de la vecindad de la masa rocosa.

No es fácil distinguir este metamorfismo del metasomatismo derivado de magmas o de soluciones en movimiento.

El principio aquí considerado es aquel del enriquecimiento en los constituyentes más solubles.

El tercer medio de diferenciación posible, basado sobre el principio de soluciones, es el de la extracción y redeposición de las sustancias más solubles. Así se forman venas cuarzosas en condiciones de ambiente hidrotermal; a mayor profundidad pueden

originarse venas pegmatíticas por migración o recristalización de sustancias fundidas.

Luego de analizar los distintos principios de formación y transformación de las rocas por agentes externos pasamos a la consideración del problema sobre el origen del granito.

Eskola ha propuesto por eso el principio de la fusión diferencial en la zona profunda de la corteza terrestre.

Los magmas graníticos pueden así formarse por dos procesos distintos:

- 1) Diferenciación por cristalización y exprimimiento del líquido residual de un magma primario, que probablemente tenía una composición más ácida que la de los basaltos de las plataformas.
- 2) Refusión diferencial o anatexis diferencial (o parcial) de los componentes de la masa rocosa a menor punto de fusión y exprimimiento del líquido fundido, conjuntamente con agua y otros mineralizadores.

Como el magma granítico es la última solución residual de la cristalización fraccionada de magmas silicatados, así la primera parte de los productos de refusión de una roca común silicatada, podría tener la composición de un magma granítico.

Eskola considerando en particular las consecuencias de estos procesos sobre la formación de las migmatitas, observó que las arteritas de intrusión de Sederholm y las venitas de segregación de Holmquist, son dos tipos distintos de rocas, cuyo origen se debe a fenómenos diferentes, ambos reales, y que se encuentran por lo general asociados. Las venitas representan un ejemplo de anatexis diferencial.

Según Eskola "los productos de refusión leixiviados fuera de la roca originaria, pueden formar masas extensas y dar origen también a batolitos comunes, en las zonas de culminación axial de las áreas plegadas".

Aclaremos los conceptos de Eskola en el sentido de que en los productos de inyección de origen magmático, se pueden distinguir los casos resultantes de una impregnación de la roca por parte de las soluciones magmáticas como por ejemplo los fenocristales de microclino de una roca, originariamente diorítica.

En estas circunstancias el metamorfismo potásico es debido al magma granítico que circula a través de la roca.

En el macizo Nor-Patagónico comprobamos que rocas arcillosas (lutitas por granitización pasaron a migmatitas y luego a granitos migmatíticos homogéneos).

Una de las características de los granitos de origen metasomático es la presencia de relictos con textura nebulítica, ausente en los granitos de origen magmático.

Los granitos metasomáticos e intrusivos tienen semejante composición, por lo que debe admitirse que el magma líquido es la primera fuente de material emigrante.

Si la granitización metasomática independientemente o como proceso deutérico de invasión de origen magmático, tiene lugar en ambiente tranquilo, las primitivas texturas de las rocas quedan conservados y permanecen como evidentes relictos; en caso contrario pueden ser modificados y eliminados, por lo que su ausencia no prueba ciertamente el origen intrusivo de una formación granítica.

Eskola rebatió la posibilidad de que haya granitos metasomáticos y granitos magmáticos (tanto de antexis como juveniles).

Admitimos la posibilidad de que migmatitas venosas se originen por inspeccione, metasomatismo o por refusión. La diferenciación práctica de los distintos granitos y migmatitas será posible solo mediante el estudio geológico regional de la zona donde afloran las rocas respectivas, y muchas veces no se logrará una distinción definitiva.

Las teorías magmatistas defendidas por Sederholm, Niggli, Eskola, el autor y otros, definen en forma concluyente que el aporte magmático es el factor principal en la formación de los granitos y rocas semejantes, originadas en los procesos migmatizantes o granitizantes portadores de las soluciones transformadoras de las rocas primitivas.

Las teorías transformistas sostenidas por Holmquist, Wegmann, ambos parcialmente y Backlund, Reed, Reynolds, Jung, etc. como principales defensores del proceso de formación granítica mediante la novilidad y/o migración de las sustancias preexistentes por la acción vinculada, generalmente al metamorfismo regional.

El mayor representante de la corriente transformista llegó a ser H.H. Reed.

Con el término granitización individualizamos al proceso o acción por el cual, una roca sólida es transformada en granito sin pasar por un estado de fluidez magmático; ello se adaptaría en su aspecto genético a lo expresado en las distintas postulaciones vertidas por los diversos investigadores en defensa de la tesis magmatismo.

En cambio, en la teoría transformista, las migmatitas son interpretadas como estados intermedios, es decir en forma de pasaje de una roca metamórfica a un granito; sin la intervención del aporte magmático.

Se tendría así la sucesión: roca metamórfica → migmatita → granito autóctono → granito paraautóctono → granito intrusivo → plutón.

Una particularidad notable es la presencia comprobada en diversos casos, en la roca de caja, de feldespatos iguales a los del granito, los "dent de Cheval" de Michel Lévy.

A juicio del autor, ello corroboraría una identidad mineralógica de origen magmático y no una transformación de una metamorfita por acción de un metasomatismo seco.

Read sugirió para las rocas granitoides a intrusivas, en general, resultante de los fenómenos profundos, el nombre de plutónicas, eliminando el de ígneas (magnéticas), que implica la presencia de un magma en fusión, en el que él no cría. Además en la denominación de plutónicas, se incluyó a las rocas metamórficas que se forman por los mismos procesos que originan rocas graníticas e intrusivas en general.

Las "emanaciones" provenientes de la profundidad, penetran en las rocas preexistentes y provocan en ellas transformaciones químicas y mineralógicas. Donde las rocas anteriores son carbónicas cálcicas y magnesianas, se forman masas básicas; en los casos en que no hay una primacía de rocas básicas, los productos más comunes son los granitos y las granodioritas.

Para Read, en los procesos previos a la formación de las rocas graníticas, el estado de transición o intermedio, estaría representado por las migmatitas.

Read de acuerdo con las "series graníticas" que se encuentran en las zonas orogénicas, sostuvo la "dualidad" de los granitos. Se encuentran en realidad granitos autóctonos iniciales y plutones finales respecto a la orogénesis, con los estados intermedios de transición. Los granitos autóctonos representan el producto de la granitización in situ de rocas preexistentes, y los granitos plutónicos son los que forman parte de los plutones diapíricos tardógenos. Ejemplos de "series graníticas" se encuentran en todas partes del globo y para todos los ciclos orogénicos.

Read, en base a esta teoría, explicó aparentemente dos de los problemas más complejos en el estudio de los batolitos; 1º)



1º) La cuestión de la "cámara magmática" y 2º) La relación temporal entre plutonismo y orogénesis.

Con estos conceptos dejamos asentados los postulados de la teoría transformista para la génesis de migmatitas y granitos plutónicos.

De acuerdo con las observaciones realizadas en los afloramientos que aparecen dispersos en diversas zonas de nuestro territorio, nos inclinamos sin lugar a cometer grandes equívocos por la teoría magmatista, para considerar la génesis de las migmatitas como proveniente de soluciones periféricas de cuerpos graníticos plutónicos, o de ícoras vinculados a fuentes magmáticas profundas actuantes sobre un paleosoma metamórfico o sedimentario preexistente.

Para reforzar conceptualmente la teoría magmatista, elaborada y sostenida por Sederholm, comentaremos algunos de los conceptos fundamentales de la escuela petrográfica de Zürich, bajo la guía de Paul Niggli.

Este esforzado investigador ha defendido el concepto de magma originario y sostenido la tesis a favor de la importancia fundamental que se le asigna a las intrusiones y a las impregnaciones magmáticas en la génesis de las rocas de mezcla.

Además Niggli fué el más entusiasta defensor de la idea del origen eruptivo juvenil de las rocas graníticas, derivadas por consolidación en profundidad de magmas en fusión.

Por otra parte, atribuir la formación de migmatitas y granito a fenómenos metamórficos, depende de la arbitraria extensión de los conceptos originarios sobre el tema, que de a poco, en el transcurso de las investigaciones han terminado por perder un significado preciso y bien definido.

Grubermann y Niggli, consideraron que el metamorfismo se debe interpretar como una transformación de las rocas esenciales en estado sólido, lo que no excluye la intervención de fases móviles, vapores y soluciones. La existencia de este tipo de metamorfismo es confirmada por los relictos texturales reconocibles en numerosas rocas.

Niggli también cuestionó con sumo criterio, compartido por el autor, la hipótesis de que grandes masas de granitos hayan derivado de otras rocas por metamorfismo normal; se opone a este concepto el hecho de que el granito presenta diversidad de



composición química con respecto a las rocas (margas, esquistos arcillosos etc.) de las que debería derivar como producto final.

En oposición a la idea de que procesos metasomáticos lentos como únicos agentes, habrían transformado por medio de soluciones a sedimentos mas antiguos, en granitos, ya que fue posible comprobar la absoluta falta de estratificación en los mismos, como también la uniformidad de caracteres texturales que presenta en todas partes como fué advertido por H. von Buch - 1810-.

Para los investigadores magmatistas y para los transformistas, el origen, la composición exacta y los efectos de las soluciones citadas anteriormente, serían parcialmente desconocidos; en cada caso queda el interrogante de porqué se forma siempre un producto final granítico -granodiorítico, hasta tonalítico, como miembro más básico de esta serie.

Para finalizar en los conceptos fundamentales que tratan tan de interpretar la formación de migmatitas y granitos de procedencia análoga trataremos la opinión de Scheumann, creador de los términos de paleosoma y neosoma, que hemos empleado en repetidas oportunidades para designar el material preexistente y diferenciarlo del de nueva formación.

Dicho autor atribuyó la formación de migmatitas a varias causas, como por ejemplo:

- 1) La consideración de vinculaciones con los magmas de las zonas profundas de los orógenos.
- 2) La neta distinción entre granitos clásicos o epigranitos propios de las zonas menos profundas y ortogneis catagranítico (o catagranito de Waard) típico de la catazona.

En las partes profundas de una zona orogénica se verifican condiciones de compensación de las tensiones, mediante el fluir de las rocas que se encuentran en un estado plástico.

Los magmas aunque de origen litógeno, presentan nítidos contactos de las rocas de caja.

Las partes residuales fundidas y las emanaciones, atraídas rápidamente la cubierta, originando migmatitas.

No descartamos totalmente al metasomatismo, aclarando que dicho proceso no actúa independientemente, sino que lo hace



en forma deutérica, acompañando a las inyecciones magmáticas iniciales, consideradas como factor primario y primordial en la génesis de la migmatización.

Pasamos a exponer algunos de los ejemplos estudiados, que permitirán comprobar el origen magmático de las migmatitas en nuestro país.

A tal efecto trataremos los caracteres litotexturales más destacados de las rocas ubicadas en los alrededores de la Represa Morales y de Tulumba, en la provincia de Córdoba y en la comarca de Río Chico en la provincia de Río Negro.

En las campañas de los años 1958 y 1959 se inició el estudio del basamento cristalino de las Sierras Pampeanas, ubicadas en la provincia de Córdoba, por considerar que en ellas aflora la zona de mayor desarrollo y donde con más intensidad tuvo lugar la formación de migmatitas y granitos migmatíticos; en aquella oportunidad señalamos que la zona de la Represa Morales y Tulumba eran los lugares indicados para estudiar los fenómenos de transformación de las rocas metamórficas, por contar las zonas aludidas, con evidentes ejemplos petrogenéticos de granitización.

Zona de Represa Morales (Villa de Soto)

Esta zona de superficie relativamente reducida fué elegida para considerar un tipo de roca que fue denominado granito pero que difiere fundamentalmente del mismo.

Además en ese lugar se comprobaron los distintos procesos de inyección y granitización que explican en forma bastante clara el origen del llamado granito del Pílon.

En Represa Morales es factible distinguir con claridad cuatro zonas perfectamente definidas:

La primera, que está constituida en casi su totalidad por micacitas y esquistos micáceos, sin inyección o debilmente inyectados por arteritas cuarzosas; a su vez es la que más desarrollo presenta. Esta zona adquiere mayor potencia en la periferia del granito migmatítico y se la individualiza perfectamente en la parte norte y sur del camino de Villa Soto a Los Simbólicos.

La segunda, es la que representa el pasaje intermedio entre la primera y el granito migmatítico; está formada por esquistos inyectados y migmatizados, rodeados de migmatitas.



La tercera, ubicada en la parte central del complejo, está constituida por granito y tonalita migmatíticas.

La cuarta, en la parte sur y sureste, está formada por un granito clásico de plutón.

En la primera aparecen pocas micacitas y abundantes esquistos biotíticos, que no presentan efectos de haber sido afectados por la inyección o pueden encontrarse debilmente penetrados por guías de cuarzo y oligoclasa, concordante con la esquistosidad.

A pocos metros de ese esquistos y con dirección suroeste se encuentra en una zona de contacto con una migmatita granítica, un esquistos sillimanítico-biotítico-cuarzoso inyectado por material de composición granítica.

La presencia de sillimanita en ese esquistos que sólo dista escasos metros del anterior, podemos interpretarla como un producto del metamorfismo regional ocasionado por los efectos de movilidad del material inyectado; en gran parte la biotita fué transformada en sillimanita, como fué comprobado en varias muestras estudiadas. En este caso, la biotita aparece subordinada a la sillimanita.

Hacia el sur de los esquistos se encuentra una zona intermedia que se halla circundando el granito y a la migmatita tonalítica. Podemos definirla como zona de transición, ya que en ella encontramos micacitas inyectadas, micacitas migmatizadas y migmatitas de naturaleza granítica, que son las que predominan a medida que se acercan al granito migmatítico; fragmentos de esquistos con inyección cuarzo oligoclasa aparecen englobados por asimilación de éste granito. Se hace notar que la oligoclasa que forma parte de la inyección de los esquistos tiene mayor proporción de anortita que la que se encuentra en el granito migmatítico.

En las cercanías de Represa Morales ubicamos un granito migmatítico, que se propaga hacia el sur hasta llegar a las cercanías del granito clásico, de Casas Blancas.

La composición de este granito de mezcla originado por la acción granitizante de soluciones periféricas del granito de Casas Blancas, está dada por microclino peritítico, oligoclasa media y la presencia de remanentes de esquistos no asimilados por el neosoma.

Al considerar la génesis del granito de mezcla de Represa Morales, debemos tener en cuenta dos clases de invasión o penetración magmática.

La primera, que corresponde a la más antigua, es de naturaleza cuarzo-oligoclásica y fué la que inyectó la mayor parte de los esquistos que se encuentran en las adyacencias del granito clásico del plutón; este proceso tuvo lugar en forma de lit-par-lit, arteritas y escasamente de disposición difusa. En esta última manifestación se advierte en la invasión un neosoma de naturaleza granítica.

La tonalita migmatítica emplazada entre el granito migmatítico y los esquistos inyectados, es anterior al granito y fué formada muy posiblemente, por una mayor concentración de las soluciones portadoras de cuarzo y oligoclase, sobre una fracción de los esquistos afectados por la invasión o penetración correspondiente a dicha composición.

Las soluciones cuarzo-oligoclase estarían emparentadas con las tonalitas estudiadas al este, en las Sierras de Cuniputu y al oeste, en los alrededores de Agüita Blanca.

La segunda, corresponde a soluciones graníticas ascendentes vinculadas al granito clásico de Casas Blancas; por las que su cercanía a las fuentes de origen en ese lugar, se difundieron con mayor empuje, granitizando a los esquistos afectados por la primera inyección.

Una prueba de ello, lo constituyen los restos de esquistos con estructura lit-par-lit que no llegaron a ser transformados por la granitización; además, evidencia este proceso, la presencia de fragmentos graníticos penetrados en la parte más alejada de la zona esquistosa afectada, y que no alcanzaron a modificar substancialmente al paleosoma, cristalizando en forma de núcleos aislados dentro del mismo.

Debemos pensar que el emplazamiento de las soluciones graníticas, provocaron en los esquistos inyectados un metamorfismo de tal naturaleza, que parte de la biotita correspondiente a la composición de los esquistos, fué transformada en sillimanita.

De acuerdo con los caracteres que presenta la zona estudiada, debemos interpretar que, posteriormente a los procesos de migmatización descriptos en sus diversas intensidades y luego de la saturación de los esquistos provocada por las soluciones aludidas, tuvo lugar el emplazamiento del granito de Casas Blancas.

En esta región, al igual que lo enunciado por Fenner (1933), aparecen las dos zonas fundamentales que permiten suponer que el granito migmatítico se formó por la acción de las soluciones granitizantes y el metasomatismo consecuente de ellas: la 1º) la constituye el granito que llamaremos normal o clásico, la 2º) el granito migmatítico, y entre ambas la zona intermedia que separa al granito de los esquistos.

Zona de Tulumba y alrededores

Se trata de una zona litológicamente rica en micacitas que, a semejanza de la de Represa Morales, por la acción de un aporte de cuarzo y oligoclasa fueron inyectadas con diversos grados de intensidad, observándose un franco dominio del tipo lit-par-lit con desarrollo ptigmático.

Dichos aportes como sucede en Represa Morales, también fueron anteriores a la intrusión del granito de grano fino que se sitúa en la zona, y que su posterior influencia sobre las micacitas inyectadas, trajo como consecuencia la formación de migmatitas y granitos migmatíticos.

Este proceso de granitización se realizó por la propagación de soluciones similares a las que Sederholm llamó icors; la opinión del autor es que esos icors no corresponden a zonas profundas, sino que los mismos provienen de una diferenciación del cuerpo granítico.

Esta hipótesis se deduce porque a poca profundidad de las migmatitas, cuando no se observa el cuerpo granítico en superficie, se encuentran diques de granito a poca distancia de las mismas; ello se ha podido verificar, gracias a las obras de ingeniería en el paraje de Las Juntas, al este de la localidad de Tulumba.

Creemos que las variedades de rocas migmatíticas se formaron por las distintas disposiciones de emplazamiento de las soluciones granitizantes, sobre el paleosoma.

De esta manera podemos establecer que cuando las soluciones en cuestión no hallaron obstáculos en sus desplazamientos a través de planos de foliación y esquistosidad (los casos más frecuentes), se formaron las migmatitas de grano grueso.

Cuando las migmatitas así formadas recibieron un nuevo aporte de soluciones granitizantes, éstas obliteraron casi por completo los caracteres estructurales y texturales de la roca preexistente y por homogeneización de su textura, se convirtieron en granitos migmatíticos. Cuando, en vez de tener



lugar una homogenización textural, se produce un crecimiento desmedido de algunos de sus componentes, se advierte entonces que estos granitos pasan a ser porfidoblásticos por la presencia de porfidoblastos (por lo general los mismos son de feldespatos) principalmente de microclino.

En las migmatitas porfidoblásticas en cambio su foliación no aparece obliterated pero los metacristales de microclino, por su crecimiento en bandas concéntricas (que el autor llama crecimiento rítmico) presentan un desarrollo que oscila entre los 13 y 15 centímetros de diámetro máximo.

Cuando estas soluciones se propagan normal ó oblicuamente a la esquistosidad y foliación, encuentran una mayor oposición en su desplazamiento a través del paleosoma, entonces se produce un reemplazo grano a grano con áreas de refusión parciales, produciéndose de tal manera una migmatita de grano fino, como consecuencia de una granitización del tipo nebulítico.

De estas variedades de migmatitas ubicadas en la zona de Tubumba y alrededores, podemos inferir que las mismas se han originado de acuerdo con las formas de actuar de las diversas soluciones migmatizantes sobre el paleosoma metamórfico, acompañando a este proceso un metasomatismo deutérico, que provocó en la mayoría de los casos la formación de las variedades porfidoblásticas.

Pasamos a revisar como último ejemplo de procesos típicos de migmatización, los ubicados en:

Comarca de Río Chico (Río Negro)

Sobre las facies de esquistos y micacitas de composición biotítica de la Formación Cushamen, tuvo lugar en el cañadón La Angostura una granitización proveniente de la diferenciación tonalítica correspondiente a la Formación Mamil Chique, situada 35 Km al ENE del referido paraje.

Esta tonalita proveniente de la fase granodiorítica, ubicada ligeramente al oeste de la estación Mamil Chique, tuvo un amplio desplazamiento desde el plutón que dió origen a la formación granítica, hacia el oeste. En su propagación la primera oposición que encuentra, lo constituye el basamento metamórfico de La Angostura.



Las soluciones generales en este avance actuaron sobre el basamento esquistoso, afectándolo con la inyección de arteritas y facies de débil migmatización. En ninguno de los ejemplos estudiados en este lugar, se observan los rasgos de intensidad correspondiente a la migmatización y su gama de variedades, que se mencionaron para las Sierras de Córdoba.

Una de las características que debemos señalar para este sitio, es la ausencia de migmatitas porfidoblásticas, que habíamos hallado en las zonas cordobesas consideradas.

Entre los ejemplos estructurales puede citarse el siguiente:

En La Angostura cuando la invasión tonalítica fué concordante con la esquistosidad, se concretó en una inyección nodulosa que sibien afectó estructuralmente a los paragneis, no introdujo un cambio textural y mineralógico en el paleosoma, que hiciera cambiar posición y tipo de roca; de modo que las ectinitas pasaron a ser esquistos inyectados.

Estas inyecciones han sido identificadas en forma más clara, por la presencia de micropliegues que sirven de guías para la interpretación de los fenómenos aludidos; se puede considerar que esta penetración fué casi singenética, con los movimientos que plegaron a las ectinitas.

En las inmediaciones del poblado de Río Chico, aproximadamente a 2 Km., hacia el oeste, en el túnel del ferrocarril, podemos ver que a partir de una facies metamórfica, cuyo componente principal esté representado por anfibolitas, se produce como resultado de la migmatización de composición tonalítica una migmatita tonalítica; comprobándose de este modo, que dicho proceso de mezcla se extiende con las variaciones ya señaladas, cubriendo una superficie de unos 100 Km².

Suponemos que las soluciones tonalíticas responsables de la migmatización aludida, son la consecuencia de una diferenciación de la fase granodiorítica correspondiente a la Formación Mamib Choique.

Un afloramiento reducido de migmatita similar al señalado, aflora en los alrededores del Cerro Mesa; esta manifestación migmatítica en un ambiente volcánico, atestiguaría la amplia propagación del proceso granitizante, cuyo núcleo de formación debe ser ubicado en los alrededores de la granodiorita.

De lo expuesto, queda perfectamente demostrado que en todos los casos de migmatización estudiados el apote sílico-sódico es el único que actuó como granitizante en la mayoría de los ejemplos de esta región; el feldespató potásico está ausente o su presencia es muy reducida.

Además queda en evidencia que las soluciones en cuestión, provienen como en la zona de Tulumba de la periferia correspondiente a una intrusión magmática, de composición tonalítica y son las causantes de los procesos de transformación de las rocas preexistentes de esta región.

Por lo tanto, sin dejar de reconocer la importancia para la migmatización de los "icors" vinculados a magmas profundos, los granitizadores aquí considerados, como otros que se encuentran en las áreas comprendidas por las Hojas Villa Alberdi, Santa María y Laguna Helada están directamente asociados a diferenciaciones periféricas de plutones poco profundos.

CONCLUSIONES

Se reconocen y aceptan dos teorías fundamentales en la formación de las migmatitas:

La transformista, cuyo fundamento consiste en la formación del granito a partir de sedimentos y esquistos. La misma se basa en la migración iónica de los elementos, reemplazo grano a grano por metasomatismo metamórfico y en procesos de anatexis.

En nuestro territorio hasta el momento los ejemplos son poco evidentes para estos procesos de transformación.

La magmatista en cambio apoya la tesis que a partir del granito clásico o magmático se originan las migmatitas y como mayor exponente de ésta clase de rocas de mezcla, llegamos a la formación del granito autóctono.

Sobre los múltiples ejemplos de estos tipos de rocas, estudiados en nuestro país se llega a la conclusión que los procesos que determinaron su génesis, se hallan vinculados a soluciones ácidas migmatizantes, que a partir de una intrusión granítica (diferenciación periférica) o de "icors" (flujos magmáticos profundos), actúan sobre un sedimento o un esquisto, convirtiéndolo en diversos tipos de migmatitas.



En estos procesos actúan separadamente fenómenos tales como inyecciones, anatexis o refusión, palingénesis o rejuvenecimiento de rocas ya cristalizadas y metasomatismo deutérico o tardío.

Por último, para confirmar nuestra posición a favor del origen ígneo de las migmatitas, sobre todo en la formación de grandes extensiones de ellas; destacamos lo siguiente:

Numerosas investigaciones y observaciones durante más de medio siglo, señalan que magmas de composición granítica o granodiorítica han ascendido en forma de lavas debajo de la superficie terrestre.

Además gran cantidad de las masas graníticas, si bien no todas, se han formado como resultado de una intrusión, o generación in situ, de magmas graníticos en gran escala, seguida por la reacción entre el magma en vías de enfriamiento y las rocas invadidas o preexistentes.

Este origen no solo aparece en armonía con los estudios de campo, sino que concuerda con los fenómenos de cristalización en mezclas fundidas silicatadas correspondientes a un gran número de sistemas geoquímicos seleccionados; datos estos que no concuerdan con la diversidad de rocas preexistentes en los resultados finales de la composición química de los granitos autóctonos.

Para finalizar, debemos destacar las modificaciones texturales y mineralógicas características de la periferia de los granitos magmáticos y que han tenido un rol decisivo en la migmatización.


DR. FERNANDO LUIS SEBANA
GEÓLOGO - M. P. 222



BIBLIOGRAFIA

- ESKOLA, P. On the origin of granitic Magma "Min. Petr. Mitt." (1932)
- On the principles of metamorphic differentiation "C.R.Soc. Géol. de Finlande".5 (1932)
- On differential Anatexis of rocks C.R.Soc. Géol. de Finlande".7 (1933)
- About the granite problem and some master of the study of granite "C.R.Soc. Géol. de Finlande". 28 (1955)
- PENNER, G.N. A view of magmatic differentiation "Jour. of Geol.".45 (1937)
- GONZALEA BONORINO, J.F. Descripción Geológica de la H.13 e Villa Alberdi. Boletín 74. Dir.Nac. de Geol. y Minería (1950)
- GOLDSCHMIDT, V.M. On the metasomatic processes insilicate rocks "Ecom. Geol." 17 (1922)
- HOLMQUIST, P.J. On pegmatitpalingenise och ptymatisk veckning Geol. Förem.i Stockholm Förh, 43 (1937)
- METHOL, E.J. Descripción Geológica de la H. 181 Dean Funes -Tulumba. Cord. Dir. Nac. de Geol. y Minería Bol. 88 (1958)
- NIGGLI, E. Das Magma und seine Produkte. "Akad. Verl.M. B.H. Leipzig" (1937)
- OLSACHER, J. Descripción Geológica de la H.20h Los Gigantes. Cord. Anales II (1960)
- PASTORE, F. Descripción Geológica de la H.20i Córdoba Bol. 36 Direc. de Min. y Geol. (1932)
- PICCOLI, G. Osservazioni preliminari sulle migmatiti del granito di S.Fedellino (Prov.di Sondrio) Rend. Soc. Min. It.13 (1957).
- El problema de las migmatitas a través de medio siglo de investigaciones.-Rev. F.C.E.F. y Nat. Cord. Año XXI No 3-4.- (1960)
- RAGUIN, B. Geologie du granite. Masson e Cia. Paris (1957).

- RAMBER, H. The orogon of metamorphic and metasomatic rocks.-Univ. Chicago Press. Chicago (1952)
- READ, H.H. A commentary of place in plutonism. Quart Journ. Geol.Soc. of London, 104 (1948).
- Granites and Granites, in origin of granite Mem. 28; Geol. Soc. of America. (1948)
- REYNOLDS, D.L. The granite controversy.-Geol. Mag., 84. (1947).
- RUIZ HUIDIBRI, O.J. Descripción Geológica de la H.11e Santa María.-Catamarca -Tucumán.-Serv. Nac. Geol. Minero. (1972)
- Descripción Geológica de la H.12c Laguna Helada. Catamarca. Serv. Geol. Nac.(1975)
- SCHEUMANN, K.H. Comportamento o aspetto di magmi di diversa posizioni petrotonica: graniti plutonici e gneis primari."Acta Geol.Alpina". 4 (1952)
- SEDERHOLM, J.J. On granite and gneis "Bull.Comm.Géol. de Finlande", 23 (1907)
- Benoliths and the Origin of the Granite Magma.-Washington (1936)
- On Migmatites and associated precambrian Rocks of Southwestern.-"Bull.Comm.Géol. de Finlande", 91.(1934)
- SESANA, F.L. Informe preliminar sobre el estudio de algunas migmatitas de las Sierras de Córdoba.-Inf.Inéd. Dir.Nac.de Geol. y Min.(1960)
- Resúmen sobre el estudio del Basamento Cristalino de Tulumba y alrededores.Córdoba. Seg.Jorn.Geológ.Arg. TmIII (1965)
- Rasgos petrológicos de la Comarca de Río Chico.-Río Negro. Terc.Jorn.Geológ.Arg. Tm.III (1968)
- SESANA, F. y RAVAZZOLI I.A. Descripción Geológica de la H.4Ic Río Chico.-Río Negro.-Serv.Geol.Nac.(1977)



WEGMANN, C.E.

Über Diapirismus (besonders im Grungerbirge) C.R. Soc. Géol. de Finlande, 3 (1930)

Les ordres de grandeur dans le phénomène metasomatique des roches, in Les Echanges des Roches granitiques acides et basiques.

"Coll. Int. du C.N.R.S., 63, Nancy (1955).