

CONOCIMIENTOS

SOBRE

LA COMPOSICIÓN Y OROGENIA DEL MACIZO CRISTALINO CENTRAL

DE LA ARGENTINA (*)

82

POR EL DOCTOR FRANCO PASTORE

RÉSUMÉ

Sur la composition et l'orogénie du massif central argentin. — L'auteur expose les résultats de ses études sur les chaînes de montagnes de l'intérieur de l'Argentine qui forment l'unité géologique nommée « sierras pampeanas » (chaînes pampéennes) ayant même composition et même structure; leurs corps sont les restes d'un vieux massif cristallin qui, après avoir été réduit en plaine, a constitué un nouveau relief par suite des dislocations produites par les grandes cassures du mouvement tertiaire. L'auteur caractérise la composition primitive de l'ancien grand massif montagneux, ainsi que les processus grandioses qui l'ont formé à savoir: le métamorphisme régional et le plissement, ce dernier accompagné, comme d'habitude, par des pénétrations successives de roches éruptives. Il signale des étroites parentés dans les séries de roches intrusives, qui représentent une différenciation graduelle magmatique, dont les premiers produits étaient assez basiques et les derniers de plus en plus acides et riches en quartz. Il signale aussi, en rapport avec cette chronologie successive, l'existence, dans de vieilles intrusions, de vestiges de métamorphisme; ainsi que des actions dynamiques produites après la pénétration. Avec le temps, la dénudation intense de la montagne fit effleurer les granits vers la fin du Paléozoïque: sur ce granit s'était, en effet, déposé les arcoses et les grès, avec des plantes fossiles du Permien. L'auteur considère comme hypothèse très vraisemblable, que la formation du grand massif central soit correspondante au cycle orogénique nommé Caledonien, dont l'apogée pourrait se placer à la fin du Silurien, de sorte que l'âge du granit, qui signale la fin de cette activité géologique, serait Dévonien inférieur.

El conocimiento de la constitución geológica de la parte austral de la América del Sur ha progresado en forma muy apreciable. Hace tiempo que la localización y caracterización de las grandes estructu-

(*) Estudio presentado a la Academia en la sesión pública de 14 de septiembre de 1926, siendo el autor recipiendario.

ras correspondientes a ciclos orogénicos principales se realizan sin mayores divergencias de opinión, por lo que respecta a los movimientos andinos y también a la orogenia pérmica; pero, como es natural, subsisten mayores dudas y se expresan repetidamente ideas más o menos discordantes en lo que concierne a los otros grandes plegamientos anteriores (1) tan borrados y desprovistos de relaciones paleontológicas.

Podemos decir que el mayor adelanto se ha hecho en la República Argentina. Con todo, el estudio de los complejos cristalinos metamórficos que forman los cuerpos de todas nuestras sierras centrales, casi no ha pasado, hasta el presente, de las condiciones de una tarea preliminar.

En lo que con ellos se relaciona, debemos mucho, casi todo, a las observaciones y deducciones geológicas comparativas; mientras que la investigación e interpretación de los esquistos cristalinos y de sus interposiciones de origen eruptivo — dejando de lado, naturalmente, las deficiencias de los tiempos — fueron hechas en forma bastante somera y superficial, a pesar de que en los comienzos son dignas de recordar las buenas investigaciones petrográficas del doctor Alfredo Stelzner, iniciador de los estudios geológicos en la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba (1871-1874), y los reconocimientos ampliatorios de su sucesor, hasta el año 1891, el doctor Luis Brackebusch, otro excelente observador, aunque sin tantos conocimientos de petrografía, que reunió en sus numerosos viajes por la sierras centrales colecciones muy representativas, llevándose varias, a su regreso a Alemania, para que fuesen estudiadas, lo que en efecto se hizo. De éstas, formaba parte también una serie de muestras correspondientes a las viejas penetraciones eruptivas intercaladas en los esquistos cristalinos. Su descripción publicada por J. Romberg en 1895 (2), dió a conocer la abundancia y los caracteres generales, relativamente uniformes de dichas penetraciones ígneas, que son principalmente dioríticas y gábricas y están en parte metamorfizadas y transformadas en anfíbolitas. Pero más adelante, por la circunstancia arriba mencionada, muy poco provecho se sacó de estos datos fundamentales.

La expresión sintética de los conocimientos acumulados al presente

(1) Caledónicos (infrapaleozoicos) y hurónicos (prepaleozoicos).

(2) *Petrographische Untersuchungen an Diorit-, Gabbro- und Amphibolitgesteinen.* (Petrographische Untersuchungen Argentinischer Gesteine). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie; IX Beil. Band.

sobre la composición del macizo cristalino central, al que pertenecen como trozos sobreelevados (por dislocación) las llamadas « sierras pampeanas », muestra que, en él, las viejas rocas metamórficas son poco variadas y que se trata, en general, de gneis reemplazado en áreas menores por esquistos micáceos, filitas, cuarcitas o esquistos arcillosos, acompañado muy comunmente por intercalaciones de calizas cristalinas y anfibolitas y atravesado por pequeños diques gábricos y dioríticos, a los cuales siguieron más tarde grandes y muy abundantes penetraciones graníticas y aplíticas. No haré en estas páginas más que bosquejar sucesivamente los caracteres principales y las relaciones geológicas que es ya posible señalar entre dichos elementos litológicos, sirviéndome especialmente de la coordinación encontrada por mí recientemente en la parte media de la sierra de Córdoba y también de las extensiones y generalizaciones que las múltiples analogías permiten realizar. Luego, es mi propósito mostrar que las rocas ígneas nos dan varios indicios útiles para interpretar las características, la antigüedad y la sucesión de los acontecimientos dominantes del proceso formativo del cuerpo cristalino del gran macizo orogénico, y que estos resultados concuerdan con los de otro origen y prestan apoyo a las deducciones geológicas comparativas, a las cuales antes me he referido.

El gneis de las sierras pampeanas tiene predominantemente los caracteres de roca sedimentógena. Su composición mineralógica cambia muy poco; es, en casi todas partes, un esquisto biotítico, con feldespato oligoclasa generalmente exclusivo. Definido en conjunto, puede decirse que es el resultado de los procesos de un metamorfismo regional de considerable extensión que afectó a potentes series sedimentarias, correspondiendo, los materiales que describimos, a niveles bastante bajos, ya relativamente cercanos a un magma activo; y que los factores más importantes de su completa transformación (zonas del meso y del catagneis) fueron la intensa elevación de la temperatura y modificación de las presiones, con fenómenos de disolución y de fusión, movimientos internos con mezcla de partes e inyección fluida propia, debida a sus exsudaciones muy silíceas; y también penetraciones ascendentes de origen magmático, difusivas o filtrantes, siendo, en general, imperceptibles las influencias de una diferente feldespatización y muy escasos y dudosos los indicios de verdaderas mezclas con el magma subyacente, el cual, en todo caso, parece haber sido plagioclásico y de composición semejante a la del gneis.

El plegamiento del gneis y demás esquistos cristalinos de toda la región central de la Argentina tiene, como es sabido, una dirección general de norte a sur, con desviaciones más comunes hacia el noroeste y una fuerte inclinación hacia el este.

Predominan los tipos más comunes de gneis biotítico, sea el bien esquistoso con venas, bandas o lentes silíceas, con los menudos plegamientos, pseudoplegamientos ptigmáticos y demás efectos mecánicos; sea los mucho menos esquistosos, de arrugamiento irregular y división escamosa, con repartición desordenada de sus porciones claras silíceas; sea también los granosos, granitoides y de formas de destrucción redondeadas. Estos últimos tipos, cuyas cualidades estructurales, conjuntamente con sus segregaciones en nidos, de cuarzo o de biotita, y no raras inclusiones del gneis esquistoso, revelan condiciones de formación algo semejantes a las magmáticas, se distribuyen en áreas de límites difusos, cuando no son tectónicos.

Las apariencias de ultrametamorfismo (con más intensas fusiones y movimientos homogenizadores) constituyen pequeñas excepciones locales. Las sospechadas migmatitas (rocas metamórficas ultraprofundas con mezcla material de porciones divididas del subyacente ígneo) resultan generalmente simples mezclas del contacto del gneis con intrusiones de localización más alta e intervención ulterior a su formación, y aun cuando algunas de esas verdaderas rocas mixtas llegarán a demostrarse, su participación en el conjunto de los esquistos cristalinos carece de importancia para influir en la caracterización de los procesos geológicos. Y, por último, el reconocimiento de afloramientos que representen apófisis del viejo agente magmático de la gneisificación, el presumible batolito granodiorítico, no ha sido señalado, hasta el presente, más que en alguna tentativa imprecisa, harto insuficiente y dudosa.

La dilución silícea de la insignificante participación ígnea en el gneis, constituye, por otra parte, a mi entender, un indicio significativo de su largo camino ascendente. Considero, pues, que estas características del conjunto, ya largamente observadas, tienen suficiente valor para ponerlas en relación con la edad atribuible a la orogenia y la profundidad a que corresponden los productos visibles de la misma; y lo que entonces se destaca de una manera científicamente verosímil, es que el metamorfismo no revela los caracteres tan extraordinariamente ígneos que dan un sello especial a las regiones afectadas por la actividad hurónica; y que, por otra parte, la denudación no ha tenido tiempo para llegar a descubrir la aureola de inten-

sa fusión y mezcla, ni tampoco las partes más externas del viejo y profundo batolito.

Las calizas cristalinas, tan abundantes en la sierra de Córdoba y comunes en las de las provincias vecinas, forman, en el macizo cristalino, intercalaciones más o menos regulares o de límites sinuosos y complejos que, en general, concuerdan con el gneis, por lo menos en su dirección, compresión y plegamiento. Parecen homólogas de las calizas fosilíferas infrasilúricas del oeste de la Argentina; pero, por los efectos del metamorfismo, carecen de todo vestigio de sus restos orgánicos. Tienen comúnmente color blanco o rosado; predominan las de textura granosa más o menos menuda y las de tipo espático. Los verdaderos mármoles son escasos y defectuosos. El metamorfismo regional produjo, en gran parte, a expensas de estas rocas, las mayores formaciones anfibolíticas que afloran con ellas, o cerca de ellas.

Las penetraciones magmáticas, visibles en las calizas, son mucho menos importantes que las de acción difusiva, que provocaron las típicas reacciones productoras de los minerales de contacto, abundantes y variados, especialmente en la sierra de Córdoba (granates, epidoto, diópsido, wollastonita, titanita, vesuviana, condrodita, etc.); pero a las primeras se deben, generalmente, muchas fajas marginales, lentes y nidos de anfibolita, y también las manchas de caliza actinolítica, hasta las cuales ha llegado algo de cuarzo y feldespato. Todas estas penetraciones están ligadas con el magma granítico que vino después de la serie de intrusiones eruptivas que se describe más adelante; las emisiones magmáticas más básicas, pertenecientes a dicha serie, fueron de muy poca influencia; aun donde ellas cortaron a las calizas tuvieron escasa fluidez y capacidad de reacción.

Del mismo modo que el gneis, también las calizas de nuestra unidad geológica central, parecen revelar las condiciones de un metamorfismo, diré común, sin duda menos fundente y homogenizador que el que muestran sus correspondientes de más al este, en el margen de la plataforma hurónica, como lo vemos en las calizas de la república del Uruguay, notablemente más córneas, duras, fina y difusamente silicificadas, y llenas de inclusiones y manchas serpentinosas, en llamas o nubes fluidalmente extendidas y semiasimiladas.

Las anfibolitas abundan en todas las regiones. Mis observaciones más completas de estas rocas abarcan las sierras de Córdoba y de San Luis. Necesario es considerar brevemente sus caracteres princi-

pales, los indicios de su origen y, con ello, su participación en el complejo de los esquistos cristalinos.

Ya están mencionadas las formaciones anfibolíticas, genéticamente dependientes de las calizas cristalinas, como partes de los yacimientos de éstas.

Muy frecuentes, y de tipo más definido, son las anfibolitas esquistosas diseminadas en interposiciones en el gneis. Tienen generalmente afloramientos angostos, entrecortados, simples o repetidos en listas; a veces, éstos son también lenticulares o abultados. Suelen tener grano menudo y textura muy paralela, aunque forman localmente masas gruesas de cristales entrecruzados. Su componente superabundante es la hornblenda, acompañada de piroxeno, plagioclasa básica, epidoto y titanita. El origen de estos esquistos tan anfibólicos es, todavía, de interpretación difícil y dudosa; sin embargo, no me parece tan objetable la suposición de que ellos sean el resultado del metamorfismo total de primitivos depósitos calcáreo-arcillosos comprendidos en la serie convertida en gneis, lo que naturalmente no excluye el complemento de la moderada participación ígnea ya asignada al gneis.

Pero, el origen eruptivo básico de una parte, por lo menos, de estas rocas metamórficas que corresponderían a las intrusiones magmáticas más viejas del complejo orogénico, es sospechable, no sólo por su yacimiento completamente independiente de los afloramientos de las calizas, sino también, en cierto grado, por su composición mineralógica satisfactoriamente explicada como secundaria (1). Lo que a pesar de todo mantiene la duda, es que casi nunca quedan vestigios de su anterior estructura.

Mayor individualidad poseen otras anfibolitas visiblemente resultantes del metamorfismo menos avanzado de rocas ígneas de tipo gábrico; sus afloramientos se presentan poco y desigualmente aplastados y ellas conservan, más o menos, en su textura granosa y en su composición y estructura (2), caracteres reveladores de dichas rocas. Esta identificación es aun más indudable donde las masas anfibolíticas encierran segregaciones magmáticas de magnetita, cromita o pirrotina, que constituyen pequeños yacimientos metalíferos, como sucede en las sierras de Córdoba, de San Luis y de Ancaeste.

A este mismo grupo de rocas corresponden, como productos de una alteración profunda y completa, los yacimientos bastante comunes de

(1) Por la uralitización (transformación de piroxeno en anfíbol).

(2) Plagioclasas básicas, con hábito gábrico.

pales, los indicios de su origen y, con ello, su participación en el complejo de los esquistos cristalinos.

Ya están mencionadas las formaciones anfibolíticas, genéticamente dependientes de las calizas cristalinas, como partes de los yacimientos de éstas.

Muy frecuentes, y de tipo más definido, son las anfibolitas esquistosas diseminadas en interposiciones en el gneis. Tienen generalmente afloramientos angostos, entrecortados, simples o repetidos en listas; a veces, éstos son también lenticulares o abultados. Suelen tener grano menudo y textura muy paralela, aunque forman localmente masas gruesas de cristales entrecruzados. Su componente superabundante es la hornblenda, acompañada de piroxeno, plagioclasa básica, epidoto y titanita. El origen de estos esquistos tan anfibólicos es, todavía, de interpretación difícil y dudosa; sin embargo, no me parece tan objetable la suposición de que ellos sean el resultado del metamorfismo total de primitivos depósitos calcáreo-arcillosos comprendidos en la serie convertida en gneis, lo que naturalmente no excluye el complemento de la moderada participación ígnea ya asignada al gneis.

Pero, el origen eruptivo básico de una parte, por lo menos, de estas rocas metamórficas que corresponderían a las intrusiones magmáticas más viejas del complejo orogénico, es sospechable, no sólo por su yacimiento completamente independiente de los afloramientos de las calizas, sino también, en cierto grado, por su composición mineralógica satisfactoriamente explicada como secundaria (1). Lo que a pesar de todo mantiene la duda, es que casi nunca quedan vestigios de su anterior estructura.

Mayor individualidad poseen otras anfibolitas visiblemente resultantes del metamorfismo menos avanzado de rocas ígneas de tipo gábrico; sus afloramientos se presentan poco y desigualmente aplastados y ellas conservan, más o menos, en su textura granosa y en su composición y estructura (2), caracteres reveladores de dichas rocas. Esta identificación es aun más indudable donde las masas anfibolíticas encierran segregaciones magmáticas de magnetita, cromita o pirrotina, que constituyen pequeños yacimientos metalíferos, como sucede en las sierras de Córdoba, de San Luis y de Ancaste.

A este mismo grupo de rocas corresponden, como productos de una alteración profunda y completa, los yacimientos bastante comunes de

(1) Por la uralitización (transformación de piroxeno en anfíbol).

(2) Plagioclasas básicas, con hábito gábrico.

esquistos talcosos, grises, compactos y blandos (piedras de sapo), que se cortan a sierra y utilizan para el revestimiento refractario de los hornos de cal.

Las rocas gábricas tienen en la constitución del macizo cristalino central de la Argentina, una participación menos insignificante que inadvertida y una importancia que debe ser estimada. Sus variedades y sus relaciones geológicas son por lo que he visto, comparables en general; pero, tanto aquí como más adelante para señalar de una manera bastante precisa el carácter petrográfico y las condiciones geológicas de las varias emisiones intrusivas que se sucedieron hasta la terminación del proceso orogénico, me referiré muy especialmente a la región media del margen oriental de la sierra de Córdoba, porque recientes investigaciones en ese terreno me han permitido obtener datos de cierta utilidad que voy a exponer muy brevemente y tratar de aprovechar.

En esta región las rocas gábricas subsistentes, es decir, todavía tales por su composición y estructura, son ya mucho más ácidas que sus precedentes tan metamorfizadas que acabo de indicar, tanto que algunas de ellas ya se podrían llamar dioritas gábricas. Es bastante difícil reconocerlas por su aspecto *in situ*; ello se debe: por una parte a su composición que, vista al pasar, casi no parece diferir de la del gneis; y, por otra parte, a su modificación metamórfica más o menos intensa con aplastamiento y manifestaciones de esquistosidad. Así, sucede que este interesante elemento litológico permanece generalmente insospechado. Se trata como ya fué dicho de gabbros en transición hacia las dioritas; su piroxeno, monoclinico, es dialaga y está en gran parte transformado en hornblenda secundaria que lo ha substituído gradualmente desde la periferia. El feldespato comprende desde un labrador algo más que medio hasta una andesina ácida. Los demás componentes son: una biotita parda en amplias hojuelas de reflejos bronceados; cuarzo, poco o mucho, pero siempre presente y algunas veces también granate en abundancia.

Los bloques de estas rocas presentan un color gris claro verdoso y una superficie un poco escabrosa sembrada de hoyuelos debidos a la destrucción de la mica, que hacen recordar el aspecto de las caras picadas de viruelas. Las intrusiones gábricas forman pequeños diques de posición concordante con la esquistosidad del gneis, cuyo espesor irregularmente variable tendrá entre dos y quince metros; sus masas son más bien lenticulares siendo su continuidad difícil de seguir. El

aplastamiento sufrido por estos gabbros se pone de manifiesto por la forma de sus cuerpos o núcleos de resistencia, lo mismo que por su fracturación torcida e irregularmente escamosa, y se muestra también al microscopio por sus intensos efectos cataclásticos. Muchos de sus más notables yacimientos están escalonados en valles transversales de la sierra Chica, de Córdoba, como la quebrada del río Primero y la de San Fernando.

En el tiempo de la intrusión de estas rocas, los movimientos de plegamiento y compresión del macizo cristalino no habían concluído.

Un grupo de *dioritas muy hornblendíferas* representa bien claramente, en la región que describo, la continuación de los procesos intrusivos; parte de estas rocas son allí casi indiferenciables macroscópicamente de las anteriores pues contienen todavía algunos pequeños restos de dialaga y las mismas láminas de biotita algo bronceadas; pero se observa en la composición y en la estructura una transición hacia las dioritas poco anfibólicas y más micáceas que les siguen, las cuales ya se caracterizan por su hornblenda escasa, pequeña e idiomorfa, por su plagioclasa, una andesina muy zonal típicamente diorítica, por su abundancia de mica y de cuarzo, y también por su estructura granosa más homogénea y menuda. Los diques correspondientes a la primera parte de este grupo, más comunes que los gábricos, presentan también aplastamiento y esquistosidad muy marcados, mientras que los indicios de las acciones mecánicas disminuyen notablemente en las dioritas biotítico-anfibólicas; lo que querría indicar que sus interposiciones correspondan ya al tiempo de la cesación de las compresiones. Algunas de estas intrusiones afloran con la amplitud de pequeños macizos siendo, en consecuencia, su grano notablemente más grueso; fueron también capaces de originar más importantes mezclas marginales con el gneis, como se ve en las vecindades del puesto de Los Olmos y al este de los cerros de El Manzano.

Los *dioritas cuarcíferas biotíticas*, tan profusamente distribuídas en la sierra de Córdoba, marcan en ella el grado inmediato siguiente de esta interesante sucesión de penetraciones eruptivas. Su masa magmática ya más ácida y fluída produjo filones más netos y regulares cuyos espesores descienden desde unos diez metros hasta menos de dos, aparte de algunas emisiones venosas laterales que son mucho más delgadas. Estas rocas, que en la mayoría de los yacimientos

están sanas y frescas, tienen un lindo color gris azulado, su grano es fino y muy uniforme, y su masa, bien homogénea, se corta y trabaja admirablemente en más de un centenar de pequeñas canteras. La composición de ellas es casi invariable, constan de oligoclasa básica, idiomorfa y zonal, predominante (rara vez también algún grano de microclino) mucho cuarzo y biotita en abundancia, acompañada de epidoto y ortita. Los pequeños cuerpos lenticulares de estas dioritas se alojaron en el gneis paralelamente como todos los otros; la estructura casi granular que muestran es el resultado de su consolidación en masas delgadas. En los cortes limpios de sus canteras se observan además de algunas derivaciones venosas, pequeñas bandas de mezcla y no raras veces aureolas de pasaje al gneis, esquistosas y sensiblemente alteradas. Pero generalmente todo su cuerpo carece de textura esquistosa e indicios de compresiones. Esta condición primaria (no deformada) llama más aún la atención cuando, como lo he visto en la quebrada del río Primero, arriba de la toma de agua de la usina eléctrica de la Calera, la diorita se alojó en el gneis en el espacio intermedio entre dos intrusiones gábricas, fuertemente aplastadas, que apenas distan unos setenta metros una de otra.

Finalmente, el *granito rosado* con sus *aplititas* y *pegmatitas* es el último elemento intrusivo. Pero su ascensión es un nuevo acontecimiento, más grandioso, que parece haberse realizado cuando el macizo cristalino ya había llegado al estado de reposo. En el área particular de estas investigaciones, lo mismo que en el gran cuerpo de la contigua sierra de Achala, trátase del tipo general de granitita tan extensa y comunmente aflorante en las sierras de toda la región central de la Argentina, rico en cuarzo y microclino, con poca plagioclasa (oligoclasa hasta oligoclasa-albita) y mica biotítica; la escasa muscovita que se le encuentra se debe en la gran mayoría de los casos a formaciones secundarias. Sólo agregaré a estos pocos datos que, con frecuencia forma importantes masas marcadamente aplíticas, condición que es característica en la sierra Chica de Córdoba, desde el Pan de Azúcar hacia el norte, y que las emisiones pegmatíticas a él conexas fueron ricas en agentes neumatolíticos y produjeron turmalina, berilo, fluorita, apatita, triplita, columbita, etc., además de los muy numerosos aunque pequeños depósitos metalíferos filonianos.

Pero, aparte de las especiales muestras de fluidez de este nuevo magma, que acabo de indicar, si se observa que en su contacto, simple o complicado por recíprocas involuciones, el gneis está generalmente

inalterado, resulta en casi todas partes evidente que subió ya relativamente frío. Los vestigios de su poca energía magmática son, más bien mezclas y digestiones locales de porciones de los esquistos del techo, que intensas reacciones en aureolas de contacto. Pequeñas áreas de asimilación magmática del techo he observado en la sierra de Córdoba, en el río de Yuspe al sur de la Cumbre del Manzano y lindas mezclas del granito con el gneis granatífero afloran al oeste y al norte del pueblo de La Calera. Ejemplos análogos conozco también en la sierra de San Luis. Con todo, la importancia de estos fenómenos es siempre muy reducida.

Las aplitas en vetas delgadas que ocupan las fracturas del cuerpo granítico, llenan igualmente las pequeñas líneas de ruptura del conjunto metamórfico formando venas blanquecinas interstratificadas o transversas con derivaciones laterales introducidas hasta en las partes exfoliadas del gneis, y ofrecen frecuentes expansiones pegmatíticas. Al penetrar en las calizas, contribuyeron con sus reacciones a la formación de minerales de contacto. Por último, algunas veces se insinuaron lateralmente o cortaron a las dioritas cuarcíferas poniendo en evidencia su menor edad.

Por las grandes analogías reconocidas, el conjunto de datos petrográficos y geológicos que he reunido en las páginas que anteceden corresponde igualmente, en sus líneas generales, a todos los bloques altos y denudados que forman las sierras pampeanas, como trozos del viejo macizo cristalino central, dislocados verticalmente merced a grandes fracturas longitudinales. El reconocimiento detallado del grado de identidad litológica y estructural permitirá, con el tiempo, definir mejor la individualidad de esta vasta extensión, y la delimitación occidental que se asigna a la correspondiente unidad geológica. Entre tanto, de las presentes observaciones surge una serie de consecuencias interesantes que es bueno comenzar a señalar, a la espera de las confirmaciones, ampliaciones y correcciones en las que he de procurar hacer mi parte.

En primer lugar, se ve que los materiales originarios de los esquistos cristalinos fueron esencialmente rocas sedimentarias. Los caracteres dominantes del conjunto de las acciones metamórficas concurren a indicar, como ya lo he señalado, que la gneisificación se verificó en condiciones generales, propias de un proceso regional, con la consiguiente influencia magmática procedente de masas ígneas de situación profunda.

La serie de materiales intrusivos que se abrieron paso a través del macizo plegado principia, evidentemente, con elementos básicos que estarían representados por las más viejas anfibolitas de origen gábrico, en gran parte presumible, pero en muchos casos todavía reconocible. Todo hace suponer que estas intrusiones básicas hayan sido provocadas por la creciente intensidad de los movimientos orogénicos, y que ellas correspondan a las primeras segregaciones de magmas batolíticos en vía de diferenciación.

Este primer aporte eruptivo, es como lo hice notar, muy común en las sierras pampeanas. Es verdad que carecemos todavía de estudios detallados en la mayoría de ellas, y no es aún factible una comparación, grado por grado de los sucesivos productos magmáticos que subieron más o menos intersticialmente, en toda la extensión del macizo orogénico, hasta llegar al término más ácido de la diferenciación; pero varios elementos idénticos han sido encontrados por mí en la sierra de San Luis; y en cuanto al resto de nuestras montañas centrales, ya numerosas muestras de las colecciones de Brackebusch, agrupadas según las correspondientes analogías y descriptas treinta años ha en el citado trabajo de Romberg, han dado un esbozo de esta repartición general. Por lo pronto, la vieja serie intrusiva de Córdoba, que he definido aquí, rápidamente nos hace ver paso a paso, cómo se verificó en esa región central del área orogénica la diferenciación magmática y la sucesiva emisión de penetraciones, pasando del extremo básico arriba citado, a los gabbros y dioritas gábricas con piroxeno, anfíbol, biotita y cuarzo, a las dioritas con cuarzo, hornblenda y biotita, y luego a las dioritas con cuarzo biotita y poca hornblenda, para terminar con las dioritas cuarcíferas biotíticas, a las que siguió sin duda, tras corto intervalo, la ascensión mayor y en grandes masas del magma granítico.

Los cinco primeros productos señalados como testimonios de la diferenciación magmática, son a la vez buenos indicadores de la marcha general de las acciones de compresión orogénica; con sus señales, más o menos profundas, de los efectos dinámicos sufridos, ellos permiten definir la intensidad de los movimientos tangenciales y su duración relativa que, hasta cierto punto, podría ser referible a las unidades de tiempo de la correspondiente escala magmática.

Si ahora recordamos nuevamente que entre las calizas que participaron en la formación del macizo cristalino central y las rocas calcáreas fosilíferas ordovicianas de la precordillera, que en sus adyacencias pasan de una a otra estructura geológica, no se señalan otras

diferencias que las que son consecuencias del intenso metamorfismo de las primeras, debe considerarse probable que la potente serie estratigráfica en que tuvo su asiento el ciclo orogénico hubiese prolongado su sedimentación hasta cargar poderosamente, por lo menos sobre el Cámbrico. La formación de pliegues de enorme altura vertical, y el profundo descenso del conjunto en el geosinclinal habrían bastado para colocar también a las calizas, supuestas relativamente altas, dentro de la zona de metamorfismo.

No carece tampoco de cierta significación el hecho de que yo haya observado que, en la sierra de Córdoba, las emisiones magmáticas del tercer grado señalado, las dioritas de conexión gábbrica, fuertemente aplastadas, atravesaron el cuerpo de las calizas del mismo modo que pasaron entre la masa del gneis. Esto se ve en las canteras de cal de San Antonio y en el medio de la quebrada de San Fernando. La posición y relaciones geológicas de las calizas parecen, así menos sujetas a dudas, tanto más que hay que considerar que dichas penetraciones eruptivas correspondan al tiempo en que todavía era intenso el dinamismo orogénico.

Algo más visible y concreto resulta, así, el cuadro general de la correspondiente estructura geológica, y la suposición, ya bastante fundada de que su edad sea caledónica, adquiere con estos datos y situaciones relativas nuevas manifestaciones de concordancia que refuerzan nuestra convicción.

La intrusión de las grandes masas de granito rosado y sus derivaciones aplíticas que como, lo hemos visto en la sierra de Córdoba, gracias a relaciones de adyacencia, fué todavía precedida por la penetración de la diorita cuarcífera biotítica, es sin duda el gran acontecimiento final en la constitución del macizo orogénico que hizo, en remota era, tan importante adición a la contigua plataforma continental brasileña. La apreciación de que este acontecimiento, clausura del ciclo, no puede ser considerado sino relativamente póstumo, nos conduce a localizar la antigüedad probable del granito en la primera mitad del período devónico. En cuanto a esto último, es notorio que a un resultado equivalente se había tenido que llegar siguiendo la relación descendente, como lo hicieron los doctores Bodenbender y Keidel, al observar los varios restos de los más viejos depósitos continentales de las sierras pampeanas que comienzan con arcosas, areniscas y capas arcillosas con restos de la flora pérmica, y descansan ya sobre la superficie denudada de este granito, lo que es otra concordancia satisfactoria.