

CARACTERES PETROGRAFICOS Y PROPIEDADES TECNICAS

DE

«ROCAS GRANITICAS» ARGENTINAS

(RESULTADOS DE UN ESTUDIO COMPARATIVO)

POR

MARÍA MAGDALENA RADICE



LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

—
1946

CARACTERES PETROGRAFICOS Y PROPIEDADES TECNICAS
DE
«ROCAS GRANITICAS» ARGENTINAS

(RESULTADOS DE UN ESTUDIO COMPARATIVO)

POR

MARÍA MAGDALEÑA RADICE



LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

—
1946

CARACTERES PETROGRAFICOS Y PROPIEDADES TECNICAS
DE
« ROCAS GRANITICAS » ARGENTINAS
(RESULTADOS DE UN ESTUDIO COMPARATIVO)

POR MARÍA MAGDALENA RADICE

En nuestro país los estudios a que se someten las rocas de construcción se limitan en general a la realización de ensayos físico-mecánicos, pero hasta ahora el estudio microscópico no se ha considerado necesario. En otros países, en cambio, los estudios petrográficos de esta índole tienden a difundirse cada vez más, habiéndose generalizado la idea de que las propiedades técnicas de las rocas son consecuencia de su composición y estructura, y ambas pueden ser perfectamente conocidas con sólo disponer de cortes delgados para la observación bajo el microscopio de polarización.

Los ensayos físico-mecánicos a que son habitualmente sometidas las rocas de construcción requieren laboratorios especialmente equipados, con máquinas costosas, con cierto número de auxiliares, y para poder efectuarlos casi siempre es necesario preparar

¹ A fines del año 1944 la Comisión Nacional de Cultura, a propuesta del Instituto del Museo, me otorgó una beca de «orientación técnica» para estudiar la determinación de las propiedades técnicas de las rocas mediante el microscopio de polarización, o más precisamente, para estudiar las relaciones que pudieran establecerse entre las características de las rocas y sus propiedades físicas. La Comisión Nacional de Cultura me ha autorizado a publicar el presente trabajo, en el cual están transcritos trozos del informe final que le presenté, por lo cual agradezco.

probetas de determinada forma y dimensiones, todo lo cual insu-
me mucho tiempo y dinero. Del resultado de esos ensayos suele
deducirse que el uso de una determinada piedra no es aconsejable,
y entonces son aún más sensibles la pérdida de tiempo y el costo,
particularmente en épocas como la actual, en que es necesario
reducir al mínimo el consumo de ciertos materiales (por ejemplo
abrasivos para corte y desbaste de probetas) que es muy difícil
o imposible obtener. Es entonces cuando más se siente la necesi-
dad de contar con un método rápido y relativamente económico
para anticipar las posibles propiedades de una roca a usar en cons-
trucción; es en esto que el microscopio de polarización puede
representar una ayuda valiosa para el ingeniero o arquitecto, por-
que, en casos sencillos, de la simple observación microscópica
podrá decidir la conveniencia o no de la aplicación de la piedra, y
en los otros casos podrá por lo menos saber si la roca en cuestión
merece ser ensayada por los costosos métodos usuales en los labo-
ratorios de ensayos de materiales. No debe perderse de vista, ade-
más, el hecho de que con el microscopio de polarización la mayoría
de las veces también puede preverse la durabilidad de una roca.

Desde muchos años atrás se ha reconocido en el extranjero la
conveniencia de los estudios petrográficos aplicados a rocas de
construcción; así ya en 1899 Julien (1899) llamó la atención
acerca de la importancia que tiene para el ingeniero o arquitecto
conocer la composición y estructura de las rocas que utiliza, tanto
de las magmáticas como de las sedimentarias y metamórficas. Mor-
ton (1926) hizo un estudio relacionando la solidez y la durabilidad
de las rocas sedimentarias con su aspecto bajo el microscopio.
Más recientemente, Pichler (1942), en Brasil, también ha asignado
importancia a estos estudios. Walker y Stewart (1944, 184) opi-
nan que el examen microscópico de los agregados pétreos es la
mejor solución al problema de la búsqueda de un método rápido
y económico para seleccionar materiales para caminos.

En nuestro país poco se ha difundido el uso del microscopio de
polarización, probablemente porque muchos creen que aún para
hacer observaciones expeditivas con él, se necesitan muchos cono-
cimientos especiales. Sin embargo su manejo es sencillo, rápido

y económico, condición esta última de importancia cuando se trata de investigaciones aplicadas. A este propósito puedo invocar la autoridad del doctor Erwin Kittl, que durante muchos años ocupó dignamente el cargo de geólogo de la Dirección Nacional de Vialidad, quien en una reciente obra de que es autor (1945, 132) dice: «Para poder hacer deducciones más exactas, es necesario conocer los resultados de los ensayos físico-mecánicos de mayor cantidad de rocas que sea posible, pero al mismo tiempo debe conocerse su estructura, tamaño de grano, composición química y mineral». Pero fuera de pocas iniciativas aisladas, nada se ha hecho en el país para fomentar la colaboración de petrógrafos con ingenieros y arquitectos.

Antes de resumir los resultados de mis observaciones quiero dejar constancia de mi agradecimiento para con el ingeniero Adolfo P. Grisi, director del Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas de la provincia de Buenos Aires, y para con el señor Oscar Saffores, jefe de la sección Micrografía de dicho Laboratorio, que me facilitaron numerosas muestras de rocas sometidas allí a los ensayos físicos de compresión, resistencia al choque y desgaste, indispensables para mi estudio. El ingeniero Grisi tuvo la gentileza de permitir mi concurrencia al citado Laboratorio, y merced a ello y a la amabilidad de miembros de su personal técnico pude hacer todas las consultas que consideré necesarias acerca de los ensayos de rocas de construcción; cuantas veces fué necesario pude asimismo utilizar la biblioteca del Laboratorio. Agradezco también al doctor Enrique Fossa-Mancini, profesor titular de la cátedra de Mineralogía y Petrografía del Instituto del Museo, en cuyo laboratorio he realizado casi todo el estudio, por haberme dado todas las facilidades para mi trabajo y proporcionado valiosos consejos. La considerable cantidad de cortes delgados de rocas, indispensables para el estudio microscópico, fué obra del preparador de la cátedra, señor Herminio López, gracias a cuya habilidad y buena voluntad he podido disponer de excelentes cortes delgados en una época en que su preparación se ha restringido mucho en todas partes por falta o escasez de materiales necesarios para su realización.

Bajo el nombre general de « rocas graníticas » se agrupan rocas muy diversas, que consideradas en sentido petrográfico no son siempre verdaderos granitos, sino que hay además sienitas, granodioritas, monzonitas, dioritas, gabros, etc.; no menciono otras porque en nuestro país no se usan en construcción rocas ultrabásicas, y las de carácter básico son relativamente poco usadas. Las « rocas graníticas » que he podido estudiar proceden de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y San Luis, particularmente de la primera, que es la principal productora de dicho tipo de piedras en el país.

Las « rocas graníticas » de la provincia de Buenos Aires presentan estructura y composición particulares, lo cual permite distinguirlas de las de las provincias de Córdoba y San Luis. En general las rocas de estas provincias tienen grano más grueso que las de aquella otra, y también la alteración de los feldspatos es distinta, porque en Buenos Aires es frecuente la alteración en epidota, y en Córdoba y San Luis la transformación se hace más a menudo en caolín.

He hallado allanita con relativa frecuencia en rocas bonaerenses, pero no titanita, que en cambio es mineral accesorio bastante común en rocas de Córdoba y San Luis; aunque estas características no tienen importancia práctica por tratarse de minerales accesorios, me parecen de interés científico porque la distribución de dichos minerales señala magmas de diversa constitución, y además la presencia de uno u otro de esos minerales puede dar un indicio acerca de la procedencia de la piedra.

La estructura de las rocas de las dos diversas regiones no sólo difiere en cuanto al tamaño del grano, sino también porque las « rocas graníticas » de Córdoba y San Luis no muestran milonitización ni otros efectos de acciones dinámicas muy intensas, que son evidentes en las rocas del sur de nuestra provincia.

Las « rocas graníticas » no alteradas son resistentes al desgaste; daré algunos ejemplos de ello (los números entre comillas indican el que les corresponde en la colección de la cátedra de Mineralogía y Petrografía del Instituto del Museo): el granito granatífero de Tandil (22119), la monzonita cuarcífera gris de la cantera de Juan

Spinardi; también de Tandil (22121), y un granito gris de grano fino de la estación Naschel (San Luis) (22132). Esta última roca presenta una resistencia algo menor al desgaste que las dos anteriores, pero es más resistente que la generalidad de las «rocas graníticas» de San Luis y Córdoba; presenta sus feldespatos bien frescos, y llama la atención la gran abundancia de micropegmatitas (Lám. I, 1). Aunque este granito no ha sido sometido a otros ensayos que el de desgaste, es de presumir que ha de ser muy tenaz por la forma en que se compenetran mutuamente sus minerales esenciales. El granito granatífero de Tandil es más pobre en mica que el de la estación Naschel, y lo mismo que en la monzonita cuarcífera antes mencionada, la mica aparece en láminas pequeñas. En las dos rocas bonaerenses los feldespatos (que constituyen la mayor parte de la roca) se han conservado bien frescos. Por lo común esto no se observa en las rocas que presentan feldespatos relativamente grandes, porque en ellos la alteración avanza más rápidamente porque la separación entre las superficies de clivaje es más grande que en los feldespatos más finamente cristalizados.

Un buen ejemplo del avance de la alteración aprovechando las grietas y las superficies de clivaje de los feldespatos, lo da la granitita de grano muy grueso de la cantera «Los Nogales» (situada a tres kilómetros al noroeste de Achiras, Córdoba) (22115) (Lám. I, 2). Otro ejemplo de la tendencia de los grandes individuos de feldespatos a alterarse más rápidamente que los pequeños se tiene en un granito de la cantera Independiente (Tandil) (22120), en que asimismo es evidente la mayor facilidad con que se alteran los feldespatos calcosódicos (plagioclasas) que los potásicos (ortoclase y microclino) (Lám. II, 1 y 2).

Con respecto a la facilidad relativa con que se alteran los feldespatos, es digno de ser señalado el hecho de que no siempre la igualdad de composición mineralógica y la identidad de condiciones de ambiente hacen que el grado de alteración sea el mismo. En efecto, los dos feldespatos potásicos, ortoclase y microclino, de igual composición química aunque distinto sistema de cristalización, resisten de modo muy diferente a los agentes de alteración, y

así en las rocas que presentan ambos feldespatos a la vez, sólo excepcionalmente se ve el microclino alterado, en tanto que la ortoclasa aparece más o menos turbia, de acuerdo al estado de alteración. No sólo he observado esto en rocas de aplicación, sino también en muchas otras procedentes de diversas regiones de nuestro país; el hecho me llamó la atención ya desde que preparaba mi trabajo de tesis, porque en las granodioritas de Cerro Granito (Neuquén) se presenta ortoclasa muy alterada junto con microclino fresco. Mientras redactaba la presente nota he hallado que el mismo fenómeno es mencionado por Polynov (1937, 119-120), quien refiriéndose a los feldespatos potásicos (ortoclasa, sanidina, microclino) dice: «El microclino es el más resistente a la alteración y se encuentra comúnmente entre los materiales residuales, en estado fresco. Ciertos productos de la desintegración y meteorización (« weathering ») de depósitos de morena, ya desprovistos de la mayor parte de los minerales primarios, contienen frecuentemente muchos granos de microclino, que se ven claramente bajo el microscopio». Esta cualidad del microclino es de importancia en el caso de las rocas de aplicación, porque la mayor o menor proporción de dicho feldespato potásico influirá entonces sobre la durabilidad de la piedra, así como también en la mayor o menor resistencia al desgaste, que como ya he dicho está en razón directa con la presencia de minerales secundarios blandos (caolín, micas).

Sólo daré aquí un ejemplo de la distinta resistencia de la ortoclasa y el microclino a la alteración: en cortes delgados de un granito procedente de Balcarce (22112), ya con el solo polarizador puede distinguirse la ortoclasa del microclino porque mientras la primera se presenta turbia por alteración en caolín, el segundo ha quedado inalterado. En esta roca se muestra asimismo que la diferencia en la resistencia a la alteración no depende del tamaño de los individuos de los dos feldespatos potásicos, porque ambos tienen dimensiones semejantes.

La alteración más frecuente de la ortoclasa es en minerales del grupo de la caolinita (pirofilita, halloysita y otros), lo mismo que la del microclino cuando éste se altera; otras veces se produce gibbsita, o sericita, y más raramente epidoto. Las plagioclasas pueden

alterarse en una mica blanca, en caolín, en gibbsita, en zeolitas o en epidoto, a menudo con separación de sílice bajo forma de calcedonia o de cuarzo. Como vemos, el caolín y las micas son productos de alteración comunes a los distintos tipos de feldespatos, y como son muy blandos, son minerales cuya presencia en una roca basta para hacer sospechar que tendrá poca resistencia a la abrasión. El ya mencionado granito de la cantera Independiente, de Tandil (22120), es una de las rocas en que se advierte la acentuada alteración de las plagioclasas en caolín, mientras que la ortoclasa se ha mantenido fresca (Lám. II, 1 y 2); el coeficiente de desgaste (4,6) es uno de los más altos que conozco en rocas graníticas bonaerenses. El granito de Cerro Chato, de Tandil (22118), también de elevado coeficiente de desgaste (3,9-4,7), presenta la ortoclasa muy alterada y el microclino fresco. El granito de la cantera de Votta y Luzardi (22116), también de Tandil, es otro ejemplo de roca con ortoclasa y plagioclasa muy alteradas en caolín y con el microclino inalterado (Láms. III y IV).

La alteración de los feldespatos y de los minerales ferromagnesianos en epidota no es perjudicial para la roca, y ello se explica por ser el epidoto un mineral resistente a la alteración y de dureza comparable a la de los feldespatos. La epidotización es frecuente en las « rocas graníticas » de la provincia de Buenos Aires, y se observa en distintos grados.

El granito de la cantera Albion, de Tandil (22131 y 22138) deja ver cuando se lo observa bajo el microscopio con poco aumento, cristales de feldespatos alterados, con aspecto terroso, y como si se hubiesen transformado en caolinita; pero cuando se mira con aumento suficientemente fuerte se comprueba que ese aspecto se debe a la alteración en un agregado de cristales pequeñísimos de epidota. A este tipo especial de alteración se debe seguramente la buena resistencia al desgaste de la piedra.

Por ser la hornblenda frecuente en las « rocas graníticas », en las que aparece o como único mineral ferromagnesiano o acompañada por algún otro (especialmente biotita en las rocas ácidas), me pareció de interés conocer cómo puede influir sobre la resistencia

el desgaste. Todas las observaciones parecían indicar que mientras aparece inalterada no perjudica a la piedra, y esto me parece confirmado por el estudio de las muestras de la cantera Piatti en Tandil, que en parte es anfibólico (22137) y en parte no (22135), pero conservando siempre la misma estructura y el mismo grado y tipo de alteración de los feldespatos. Estas muestras presentaba especial interés para mí por ser perfectamente comparables; me han permitido verificar que la hornblenda no hace aumentar el coeficiente de desgaste; en efecto, los ensayos dieron como resultado 3,6 y 3,5 para el granito sin hornblenda y para el hornblendífero, respectivamente.

En cada estudio petrográfico hay dos problemas especialmente importantes: determinar la composición mineralógica de la roca y conocer su estructura. El uso de esta última palabra requiere una aclaración, puesto que petrógrafos de distintos países le han asignado distinto significado. Para los autores de habla inglesa la « estructura » es la disposición en el espacio de los constituyentes de la roca, y llaman « textura » a la forma, dimensiones y relaciones mutuas de los minerales de la roca. Los alemanes e italianos usan estas palabras con sentido inverso, y aquéllos emplean además la palabra « Gefüge », que incluye a la textura y estructura. Por mi parte, dado que no siempre es posible delimitar netamente la textura de la estructura, uso la palabra *estructura* con el significado de « Gefüge » de los alemanes.

He querido mostrar ya que la composición mineralógica (tanto primaria como secundaria) es de gran importancia en el comportamiento de la roca frente al desgaste. Pero al lado de la composición mineralógica es también fundamental la estructura de la roca. La estructura de las « rocas graníticas » incluye, entre otros caracteres, el tamaño de los individuos de los distintos minerales, y con fines utilitarios se han hecho clasificaciones de las rocas basadas en las dimensiones de los feldespatos, que son los minerales más abundantes de la corteza terrestre, y que se presentan siempre en las rocas plutónicas usadas en construcción. Al referirnos a las dimensiones de los feldespatos, o más sencillamente al « grano »

de la roca, debe tenerse en cuenta la regularidad de las dimensiones, es decir, ver si predomina una cierta medida, o si el grano es variable dentro de la misma masa rocosa. Varias son las clasificaciones hechas en base al grano de las « rocas graníticas »; sólo mostraré dos para indicar cómo distintos autores dan idéntico nombre a rocas de grano distinto :

Rocas con grano	Los feldespatos miden generalmente	
	Según Dale (1923, 9)	Según Johannsen (1939, 31)
Muy grueso.....	Más de 2,5 cm	Más de 3 cm
Grueso.....	Entre 1 y 2,5 cm	Entre 1 y 3 cm
Mediano.....	Entre 0,5 y 1 cm	Entre 0,1 y 1 cm
Fino.....	Entre 0,5 mm y 0,5 cm	Menos de 1 mm
Muy fino.....	Entre 0,5 y 0,175 mm	
Extremadamente fino...	Menos de 0,175 mm	

Prefiero la clasificación de Johannsen por ser más sencilla, aunque debe reconocerse que cualquier clasificación basada en el grano suele resultar de difícil aplicación porque no siempre las « rocas graníticas » tienen grano suficientemente uniforme.

En las rocas plutónicas (granitos, sienitas, dioritas, etc.) la más común de las estructuras (textura en el sentido restringido que los ingleses dan a esta palabra) es la granuda; dichas rocas se caracterizan por ser totalmente cristalizadas, y con los minerales en parte idiomorfos; los restantes no presentan la forma cristalina propia debido a que se han estorbado mutuamente durante el crecimiento. En algunos « granitos » hay grandes individuos idiomorfos de feldespato rodeados por una pasta de minerales más finamente cristalizados y de dimensiones más uniformes entre sí; en otras palabras, tienen estructura granuda porfírica.

A igualdad de otras condiciones, son preferibles las rocas de grano fino y uniforme, porque tienen mayor resistencia al desgaste. La monzonita cuarcífera de la cantera Spinardi, en Tandil (22121), ilustra bien esta condición, pues su buena calidad es atribuible tanto a falta de alteración de sus minerales como a su estructura favorable. El caso contrario es el granito de la cantera

Piatti Hnos. de Tandil (22135), cuyos feldespatos forman individuos grandes; particularmente desarrollados son los de feldespato potásico, y de éstos los de ortoclasa están algo caolinizados. Las dimensiones de los individuos de feldespato tienen importancia, porque cuanto mayor es su tamaño tanto más fácilmente se alteran; me lo explica la observación de que el avance de la alteración caolínica se produce a lo largo de grietas o superficies de clivaje, que suelen ser tanto más acentuadas cuanto mayor es el tamaño del feldespato. Muchas rocas graníticas de Córdoba y San Luis presentan grano grueso; sus feldespatos están alterados en forma evidente, y la alteración ha progresado utilizando aquellos fáciles caminos de penetración. Así la granitita de la cantera « Las Peñas » (22049), la granitita titanífera de Estación Tilisarao (22130), el granito anfibólico, también titanífero, de estación La Toma (22126) y la granitita de esta misma procedencia (22140) y de grano algo más fino que las primeras (son todas rocas de San Luis), dan ejemplos de la mayor facilidad con que se alteran los grandes individuos de feldespatos con resultado perjudicial para la roca.

La estructura granuda de grano variable o la estructura granuda porfírica son desfavorables para la roca. Creo que sobre esto influyen la ya mencionada facilidad con que se alteran los feldespatos en grandes individuos, y además la irregularidad con que procede el desgaste; los ensayos me han demostrado que estas rocas no se desgastan gradualmente sino por saltos, a medida que van desapareciendo los fenocritales, ya sea porque ya están alterados con formación de minerales blandos, ya sea porque a menudo están agrietados, o porque sus clivajes son acentuados.

El granito de la cantera Votta y Luzardi de Tandil (22116), que ya he mencionado a propósito de la alteración caolínica de la ortoclasa y plagioclasa, y cuyo coeficiente de desgaste es alto (4,2), es un ejemplo de roca de grano variable, de modo que son dos los factores desfavorables que causan esos resultados. Otras muestras (22122) que proceden de la misma cantera, y que tienen grano algo más fino y regular, tienen un coeficiente de desgaste menos elevado, a pesar de tener los feldespatos alterados en igual grado que la roca de grano variable. Una observación semejante puede

hacerse en el granito de la cantera Independiente de Tandil, que cuando es porfírico (22146) tiene coeficientes de desgaste marcadamente superiores al granito no porfírico de grano mediano a grueso (22123). Este último es asimismo un ejemplo de roca no muy alterada, cuyo coeficiente de desgaste (2,9) es sin embargo superior al de otras rocas más alteradas pero de grano más fino y con minerales sin grietas. En cuanto a la diferencia de desgaste entre el granito porfírico y el no porfírico me lo explico porque los fenocristales de aquél se han alterado profundamente en caolín.

De la cantera Bosch, en Balcarce, he podido estudiar muestras de dos variedades de granitita: una sin granates (22133) y otra granatífera (22142). La diferencia ya se nota a simple vista, porque ésta presenta individuos xenomorfos de un granate de un hermoso color rojo vivo y de dimensiones tales (a veces varios milímetros) que resultan llamativos. Los feldespatos, sin estar profundamente alterados, se presentan menos límpidos que los de la granitita sin granates, y a pesar de ello el desgaste de aquélla es menor. Atribuyo este resultado a la mayor uniformidad en el tamaño de los individuos de los distintos minerales de la granitita granatífera, en tanto que la granitita sin granates tiene tendencia a la estructura granuda porfírica. Descarto la influencia de los granates porque no son tan abundantes ni tan grandes como para ejercer una acción notable.

Las « rocas graníticas », siendo rocas plutónicas, han cristalizado en profundidad considerable, y sus minerales no están dispuestos en direcciones determinadas, a menos que luego la roca haya sufrido posteriormente deformaciones por presiones diferenciales en el interior de la corteza terrestre. En este caso la estructura ya no será granuda sino gneísica o foliada, y las propiedades físicas no serán escalaras sino vectoriales. Ya sin necesidad de ensayos mecánicos es fácil comprobar que una roca con estructura gneísica o foliada (bastante comunes en la provincia de Buenos Aires) se rompe más fácilmente siguiendo la dirección de esquistosidad que perpendicularmente a ella. En consecuencia la resistencia a la compresión será mayor aplicando la presión en dirección perpendicular a la

esquistosidad que paralelamente a ésta, aunque en la literatura he visto citados unos pocos casos en que ocurría lo contrario (Eckel, 1912, 215; Withey y Aston, 1939, 252 y 255); no me consta que esto haya sucedido también en nuestro país.

Dejando de lado la influencia de la esquistosidad, que es reconocida por todos, me dediqué a hacer observaciones en series de rocas cuya resistencia a la compresión ya conocía, y así he podido comprobar hasta qué punto la presencia de grietas en la roca hace disminuir su resistencia. Así, por ejemplo, creo haber hallado la causa de la escasa resistencia a la compresión (sólo 845 kg/cm²) del granito de las canteras Barker, en Tandil (22147); esta roca, constituida por minerales muy poco alterados o aún completamente frescos, presenta grandes cristales de cuarzo, que por su marcada extinción ondulante, el aplastamiento en cierta dirección, su fracturación a veces, y las grietas que todos presentan, atestiguan manifiestamente las fuertes acciones dinámicas que ha debido soportar la roca en tiempos remotos.

Me ha llamado la atención la estrecha relación que parece existir entre el tamaño y el agrietamiento de los individuos de cuarzo y la resistencia de la roca a la compresión: cuanto más grandes son los individuos de cuarzo y más agrietados están, tanto menor es la resistencia a la compresión. También parece ser de importancia la presencia de líneas de inclusiones fluidas, que también son indicadoras de direcciones de menor cohesión del cuarzo. Dado que las grietas, y en especial las líneas de inclusiones fluidas se observan casi siempre en los granos de cuarzo de las rocas magmáticas, creo que la abundancia de cuarzo puede resultar inconveniente en una roca magmática cada vez que, por el uso a que se la destina, se requiere que tenga mucha resistencia a la compresión.

Las « rocas graníticas » que he observado y que tienen mayor resistencia a la compresión (más de 1500 kg/cm²) tienen una moderada proporción de cuarzo, o lo presentan en individuos muy pequeños; por supuesto, me refiero aquí a rocas que no estén agrietadas en su conjunto ni tengan esquistosidad, ni direcciones de fácil separación.

Mis observaciones me inducen a creer que los clivajes de los fel-

despatos no ejercen ninguna acción perjudicial. Aún en el caso de rocas con estructura granuda porfírica, cuyos fenocritales son de feldespato (como la granitita granatífera de la cantera Bosch, en Balcarce, cuya resistencia a la compresión es de 1697 kg/cm^2), el clivaje de los feldespatos no constituye causa de debilidad de la piedra; en consecuencia, creo que una roca con mucho feldespato puede ser considerada buena siempre que no presente grandes individuos de cuarzo, ni haya grietas que afecten a los fenocristales de feldespato o al conjunto de la roca.

En cuanto a la tenacidad, ella se ve afectada, a mi parecer, por la presencia de grietas microscópicas de las rocas, de modo que aquí también los grandes individuos de cuarzo son desfavorables por la frecuencia con que en ellos se observan fracturas o líneas de inclusiones. En el granito anfibólico de cantera Piatti, en Tandil (22137), he observado grandes individuos de feldespatos casi inalterados; entre ellos hay individuos muy pequeños de cuarzo perfectamente engranados entre sí, y grandes individuos de hornblenda. La tenacidad Page de esta roca es elevada (25); no podría ser así si los clivajes de feldespatos y anfíboles tuvieran influencia desfavorable. Los pequeños granos de cuarzo no tienen grietas, y en ellos, como carácter curioso, merece destacarse la falta de inclusiones flúidas; esta observación explica cómo en este caso el cuarzo no constituye causa de disminución de resistencia de la roca al choque.

CONCLUSIONES

He comprobado que :

1. Las « rocas graníticas » de la provincia de Buenos Aires presentan características mineralógicas y estructurales que permiten formar con ellas un grupo de rocas completamente distintas de las de Córdoba y San Luis.

2. La resistencia a la alteración es en general superior en los feldespatos potásicos que en los calcosódicos; y siempre entre los feldespatos potásicos el microclino resiste mucho más a los agen-

tes meteóricos que la ortoclasa. Grandes individuos de plagioclasa o de ortoclasa se alteran más fácilmente que los pequeños.

3. Puede esperarse una buena resistencia al desgaste no sólo en las « rocas graníticas » cuyos minerales se han mantenido inalterados, sino también en aquéllas donde los productos de alteración son resistentes, como la epidota.

4. La hornblenda inalterada, por mucha que sea, no hace disminuir la resistencia al desgaste ni a la compresión; en cambio son perjudiciales las micas cuando se presentan en abundancia.

4. Rocas granudas inalteradas, de grano fino y uniforme, tienen mejor resistencia al desgaste que las de grano grueso o las granudas porfíricas.

6. « Rocas graníticas » con grandes cristales de cuarzo tienen en general baja resistencia a la compresión porque el cuarzo se presenta casi siempre con grietas o con líneas de inclusiones flúidas que constituyen direcciones de debilidad.

7. Los clivajes de grandes cristales de feldespatos y de hornblenda no hacen disminuir la resistencia a la compresión.

8. La tenacidad y la compresibilidad de una roca disminuyen por la presencia de grietas, aún siendo microscópicas.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- DALE, T. NELSON, *The commercial granites of New England, en United States Geological Survey, Bull. 738, Washington, 1923.*
- ECKEL, EDWIN C., *Building stones and clays, New York, 1912.*
- JULIEN, ALEXIS A., *Building-stones, Elements of strength in their constitution and structure, en Journal of the Franklin Institute, CXLVII, n° 4 (págs. 257-286), n° 5 (págs. 378-397), n° 6 (págs. 430-442), Philadelphia, 1899.*
- JOHANNSEN, ALBERT, *A descriptive Petrography of the igneous rocks, vol. I, Chicago, 1939.*
- KITTL, ERWIN, *Geología, Mineralogía y Petrografía para Ingenieros, Buenos Aires, 1945.*
- MORTON, E., *The microscopic determination of the strength and durability of building stone, en Engineering, CXXII, p. 401 et seq., London, 1926.*
- PICHLER, E., *A Petrografía e os ensaios tecnologicos das rochas, Instituto de*

Pesquisas Tecnologicas de S. Paulo, Separata do *Boletim do Departamento de Estradas de Rodagem*, S. Paulo, 1942.

POLYNOV, B. B., *The cycle of weathering*, translated from the russian by A. Muir, London, 1937.

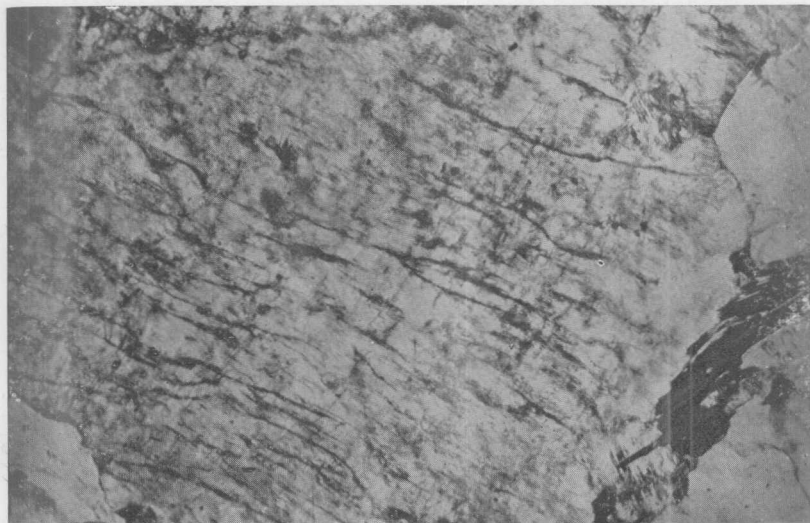
WALKER, F., AND G. STEWART, *The relationship between the microscopic structure, field characters, and physical properties of Cape road stones*, en *Transactions of the Royal Society of South Africa*, XXX, part 3, 183-189, Cape Town, 1944.

WITHEY, M. O., AND J. ASTON, *Johnson's materials of construction* (rewritten and revised by...), New York, 1939.

La Plata, 18 de enero de 1946.



1

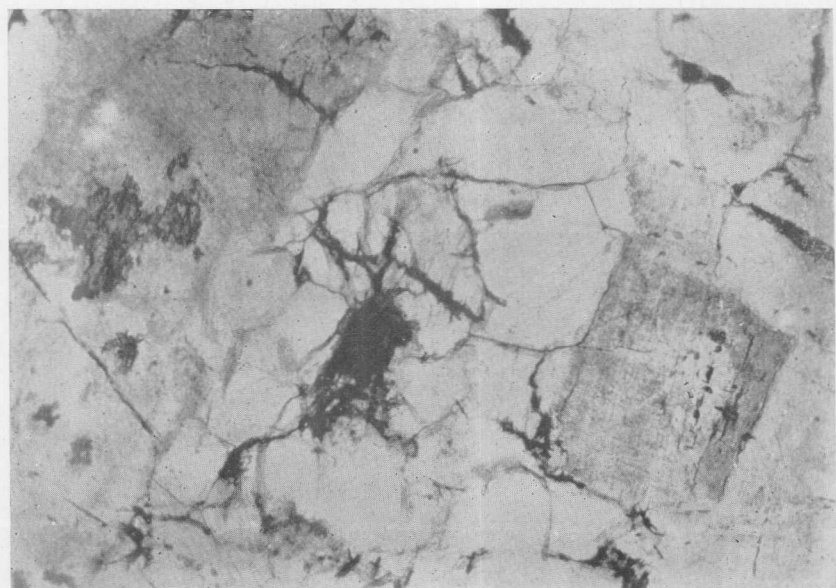


2

- 1, Granito de grano fino, estación Naschel, San Luis. Se ven numerosos individuos de micropegmatitas en las que el cuarzo aparece en la foto formando manchitas blancas (a la izquierda de la foto) y grises (hacia abajo y a la derecha). Puede notarse el estado fresco de los feldespatos. Visto con nicóles cruzados, $\times 31$; 2, Granitita, cantera Los Nogales, cerca de Achiras, Córdoba. Observando con el solo polarizador ya se ve cómo la alteración caolínica avanza por grietas y superficies de clivaje del feldespato potásico que ocupa casi todo el campo fotografiado, $\times 25$.

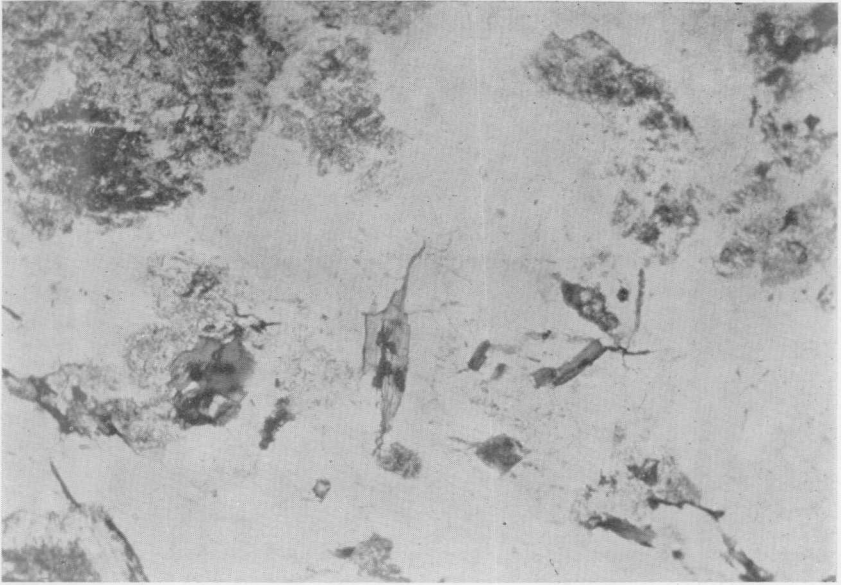


1

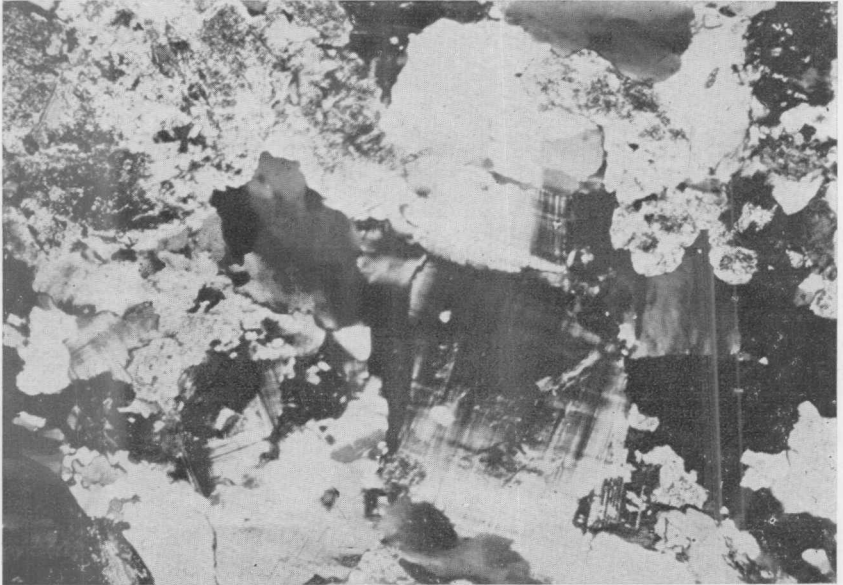


2

1, Granito, cantera Independiente, Tandil, Buenos Aires. A la izquierda de la foto aparece parte de un gran cristal de plagioclasa, y a la derecha de la foto, otro. Entre ellos hay cuarzo (se nota la extinción ondulante), ortoclasa y mica negra. Visto con nicoles cruzados, $\times 31$; 2, El mismo campo anterior, visto con el solo polarizador para mostrar cómo los cristales de plagioclasa están alterados mientras que los de ortoclasa aparecen bien lípidos, por haberse conservado frescos, $\times 31$.

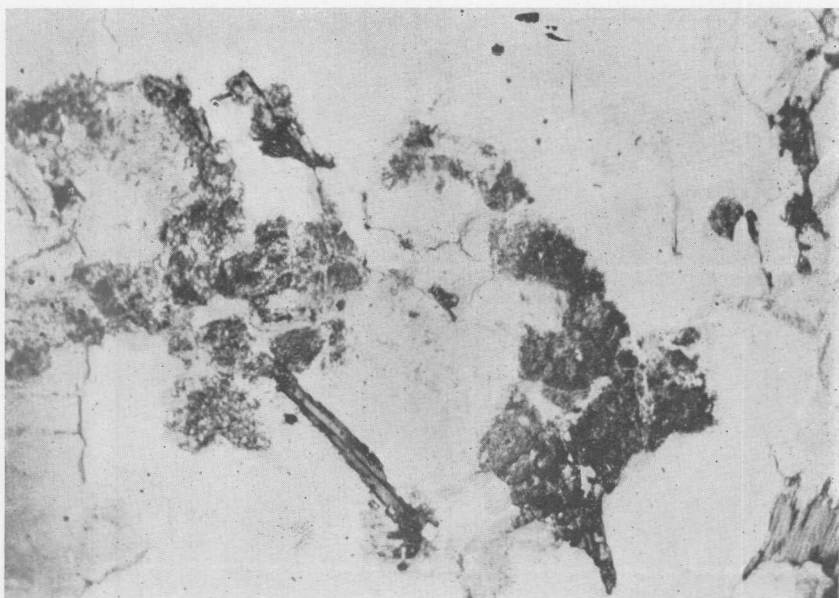


1

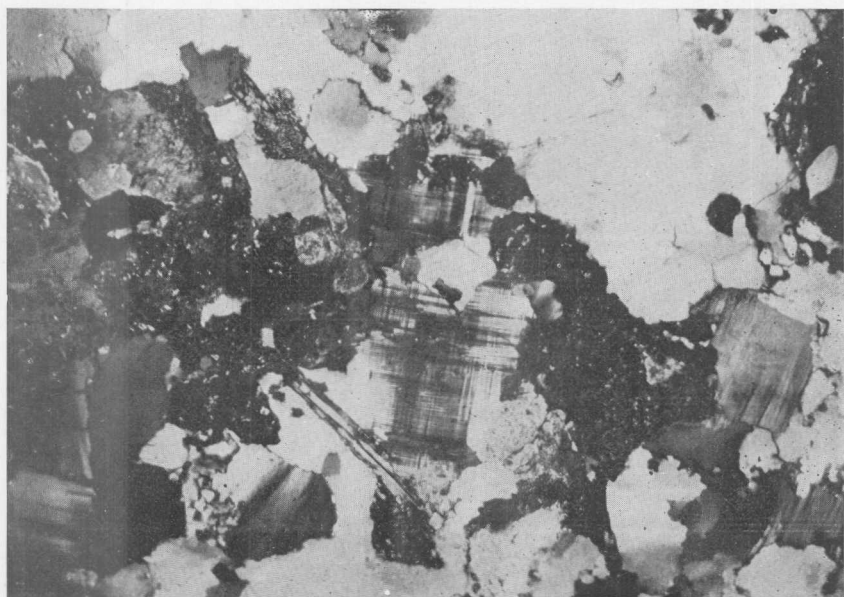


2

1, Granito, cantera Votta y Luzzardi, Tandil, Buenos Aires. Las partes de aspecto terroso corresponden a ortoclasa caolinizada; el resto es microclino (inalterado), cuarzo y mica negra que aparece de color gris bastante oscuro. Visto con el solo polarizador, $\times 31$; 2, El mismo campo anterior visto con nicols cruzados para señalar la posición del microclino (que aparece con un cuadrículado) con extinción ondulante, y cuarzo (blanco o muy oscuro o negro en la foto), $\times 31$.



1



2

1, Granito, cantera Votta y Luzardi, Tandil, Buenos Aires. Esta fotomicrografía corresponde a otro corte delgado de la misma roca de las fotos 1 y 2 de la lámina III. Las partes oscuras corresponden a feldespatos (ortoclasa y plagioclasa) caolinizados, y también a laminillas de mica negra (parte inferior de la foto, hacia el medio y la derecha). Visto con el solo polarizador, $\times 30$; 2, El mismo campo anterior, visto con nicols cruzados, $\times 30$.



1



2

1, Granito de estructura granuda de cantera Independiente, Tandil. La mayor parte de los cristales que se observan en la foto son de feldspatos; hay algo de cuarzo (arriba, aparece negro). Los puntitos observados sobre los feldspatos son menudísimos cristales de epidota, formada por alteración de plagioclasas. Nicoles cruzados, $\times 27$; 2, Granito de estructura granuda porfírica, cantera Independiente, Tandil, Buenos Aires. A la izquierda aparece parte de un gran cristal de plagioclasa profundamente alterado. Otros cristales más chicos, también se han alterado. Nicoles cruzados, $\times 27$.