

INFLUENCIA DE LA FISURACION EN LAS PROPIEDADES FISICAS DEL GRANITO DE MORGADANES. INTERPRETACION PETROFISICA

CALLEJA, L. y MONTOTO, M.

TRABAJOS DE GEOLOGIA Calleja, L. y Montoto, M. (1982).—Influencia de la fisuración en las propiedades físicas del granito de Morgadanes. Interpretación petrofísica. *Trabajos de Geología*. Univ. de Oviedo, 12, 99-105.



Mediante dos variedades petrográficas del denominado granito de Morgadanes, únicamente diferentes en la naturaleza de sus redes fractográficas iniciales, se estudia la influencia de la fisuración interna en las propiedades mecánicas de dicho granito. A su vez, se interpreta la evolución de la fisuración interna a lo largo de un ciclo completo de compresión uniaxial, a través del registro de emisión acústica o actividad microsísmica.

The influence of fissuration on the geomechanical properties of the Morgadanes granite is studied, by means of two fractographically different types of this granite. The evolution of original fissuration network, through a complete uniaxial loading cycle, is interpreted in terms of the acoustic emission or microseismic activity, developed during the loading cycle.

L. Calleja y M. Montoto; Departamento de Petrología y Geoquímica de la Facultad de Geología. Universidad de Oviedo. Manuscrito recibido el 31 de marzo de 1982.

Se estudia la influencia de la fisuración original del denominado granito de Morgadanes, recogido en la localidad de ese nombre, a unos 30 km al SE de Vigo (Pontevedra), en sus propiedades físico-mecánicas, mediante dos muestras diferentemente fisuradas, y su interpretación en base al registro de emisión acústica durante un ciclo de carga compresiva uniaxial.

Se realiza un estudio previo de las características petrográficas de significado petrofísico (fractografía, textura, mineralogía) utilizando para ello métodos de microscopía óptica de polarización, fluorescencia y microscopía electrónica de scanning.

Asimismo se han calculado, para las dos variedades, algunas propiedades físicas elementales (densidad, porosidad, índice de vacíos y grado de relleno de los poros), y realizado los ensayos mecánicos correspondientes.

El propósito general es el de interrelacionar las propiedades físicas con las características petrográficas de esta roca.

PETROGRAFÍA

Las muestras estudiadas provienen de la localidad de Morgadanes (Pontevedra) y son cono-

cidas industrialmente con el nombre de granito Gallo. Corresponden a lo que Floor (1966) denomina granitos de dos micas. Geotectónicamente están encuadrados en la zona V de Matte (1968) o zona Centro-Ibérica, según Julivert et al. (1972).

Se trata de una roca que macroscópicamente es de color blanco grisáceo aparentemente isotropa (Fig. 1a), en la que sus minerales petrográficos se identifican a simple vista, y con una alteración mecánica que la hace relativamente deleznable.

Microscópicamente se constata su carácter textural panxenomórfico, ligeramente heterogranular, de un tamaño medio de grano de 1,6 mm., compuesta por cuarzo (36,06 %), feldespato potásico, ortosa y microclina (38,85 %), plagioclasa (An_{10}) (14,43 %), biotita (3,61 %), moscovita (6,87 %) y una serie de minerales accesorios y secundarios (circón, apatito, sericita y clorita) que representan un 0,16 % en total. La composición modal ha sido determinada con un error máximo del 1,41 %; (Fig. 1B).

Dejando de lado los importantes aspectos fractográficos, que se describen en el apartado

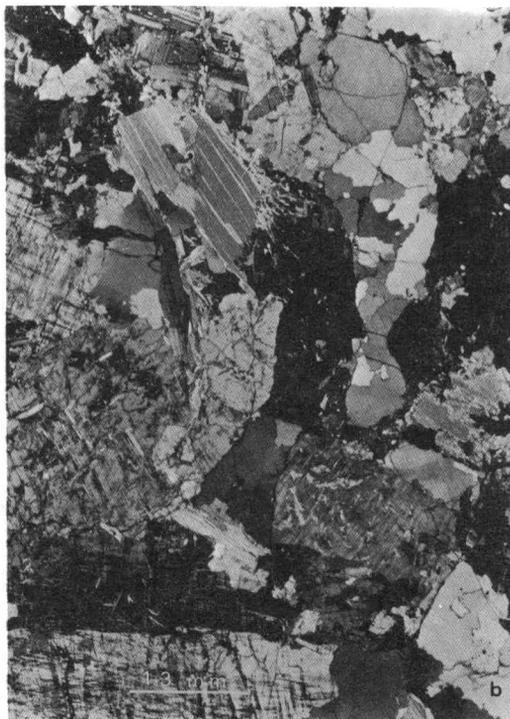
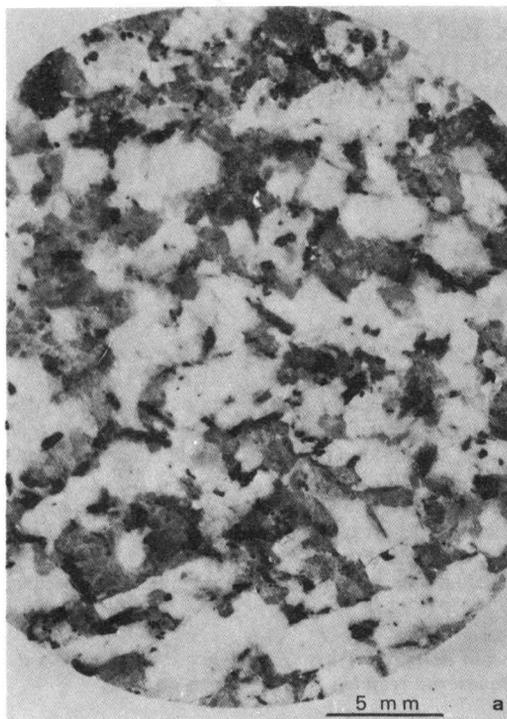


Fig. 1.—Granito de Morgadanes. a) Textura macroscópica de la roca. b) Aspecto general de la microtextura en nicols cruzados.

siguiente, los principales minerales petrográficos muestran las siguientes características:

a) Cuarzo, irregularmente repartido, formando agregados policristalinos de bordes sinuosos, formados por cristales alotriomórficos de extinción ondulante.

b) Feldespato potásico, tanto ortosa como microclina, es el mineral de mayor desarrollo. Aparece con hábito alotriomórfico, aunque pueden verse algunos prismáticos subidiomórficos. En general presenta fenómenos de pertitización.

c) Plagioclasa (An_{10}), escaso desarrollo; hábito prismático, de subidiomórfico a alotriomórfico. Sus contactos, tanto homofásicos como heterofásicos varían de rectos a ligeramente ondulados.

d) Biotita y moscovita son alotriomórficas, de tamaño variable, y ocasionalmente puede verse algún cristal de biotita alterado ligeramente a clorita.

FRACTOGRAFÍA

Ambas variedades petrográficas están intensamente fisuradas, siendo su red de fisuración

de carácter preferencialmente intergranular, afectando a los granos de cuarzo, tanto en sus contactos homofásicos como heterofásicos; en el caso de los feldespatos se ha desarrollado una acusada fisuración intragranular de tipo exfoliación aprovechando sus planos de mayor debilidad cristalográfica, circunstancia que también se exterioriza en los minerales micáceos.

Asociadas con las fisuras descritas, existen otras transgranulares, abiertas, de mayor recorrido, que conectadas con todas las anteriores condicionan en conjunto una baja cohesión de la roca (Figs. 2 y 3).

El índice de alteración global ($I'r$) determinado según el método propuesto por Ordaz et al. (1978) y corregido con el análisis modal es de 1,61 y 1,95 para la muestra menos y más alterada respectivamente.

Este índice, al centrarse exclusivamente en los valores de alteración física y química de cada uno de los principales minerales petrográficos considerados aisladamente, refleja, perfectamente, la porosidad, fisuración intragranular o alteración química de las rocas, al manifestarse todas estas características como variaciones en el seno de los cristales.

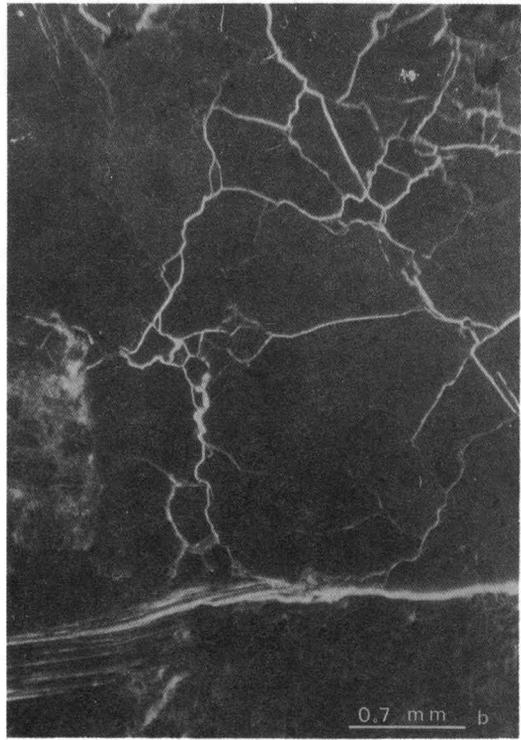
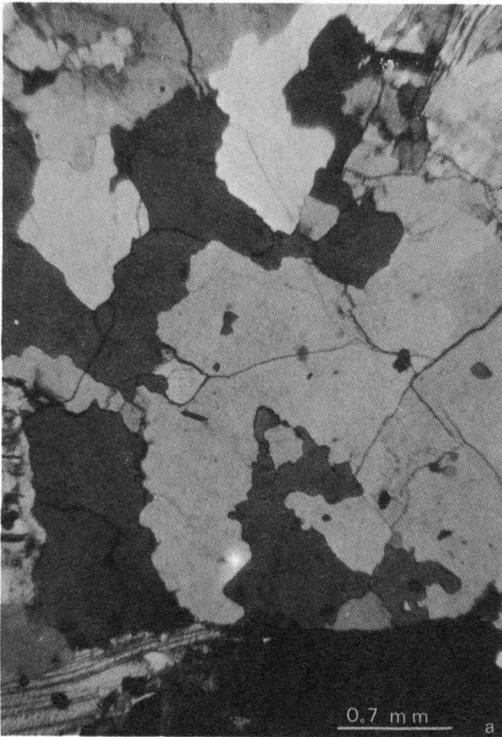


Fig. 2.—Aspecto de la fisuración general de la roca. a) Nícoles cruzados. b) Microscopía de fluorescencia.

Sin embargo, en rocas en las que, como las muestras estudiadas, la fisuración es de tipo intergranular, fundamentalmente, sin estar apenas afectado el interior de los minerales por procesos de alteración, los valores obtenidos no dan una idea exacta de la fisuración real de la roca.

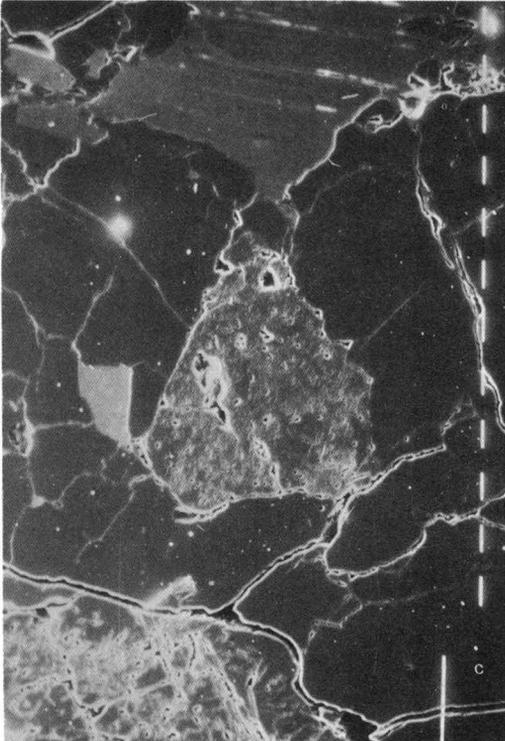
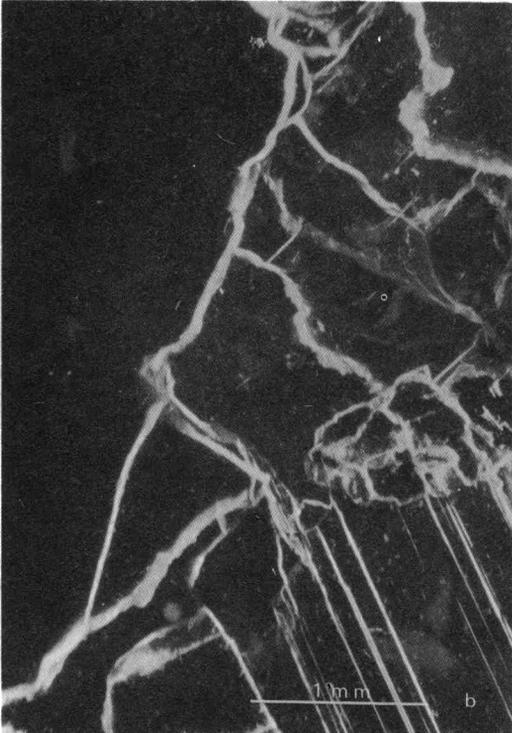
PROPIEDADES FÍSICAS

Los resultados de la determinación de las propiedades físicas y de los ensayos de compresión uniaxial simple se representan en la Tabla I.

Para el cálculo de las propiedades físicas se

TABLA I.—Cuadro-resumen de las propiedades físico-mecánicas del granito de Morgadanes, muestras 1 y 2 (M-1 y M-2)

	M - 1	M - 2	
Densidad aparente de la roca	2.580	2.560	Kg/m ³
Densidad de granos minerales	2.710	2.700	Kg/m ³
Porosidad total	4,79	5,18	%
Porosidad abierta	3,85	4,29	%
Índice de vacíos	1,47	1,64	%
Grado de relleno de poros	79,2	81,0	%
Resistencia a la compresión	531,0	377,0	kg/cm ²
Deformación longitudinal	8.117	9.000	µd
Módulo de Young	0,8 × 10 ⁵	0,4 × 10 ⁵	kg/cm ²
Relación de Poisson	0,2	0,3	—



ha seguido el método picnométrico y el de la balanza hidrostática (Zaleskii, 1964).

Para la realización de los ensayos de compresión uniaxial simple se ha utilizado una prensa MTS servocontrolada de sistema rígido y capacidad máxima de 90 toneladas, colocando distribuidores de carga entre las probetas y los platos de la prensa (Hardy, 1966); para cada probeta se han dispuesto seis bandas extensométricas para el registro de la deformación longitudinal y transversal, y un captador para la detección y posterior registro de la emisión acústica provocada (Calleja, 1981). Han sido ensayadas un mínimo de diez probetas para cada una de las dos muestras. Los módulos de Young y de Poisson se han calculado en el tramo elástico de cada una de las curvas.

Tanto en una muestra como en la otra, las curvas esfuerzo-deformación obtenidas son del tipo plasto-elasto-plástico, y la curva correspondiente al registro de emisión acústica en cada uno de los casos es, morfológicamente, similar, si bien hay que hacer notar que en el caso de la muestra más alterada los valores recogidos son mayores (Figs. 4 y 5).

La porosidad es mayor en la variedad más alterada, lo cual coincide perfectamente con las

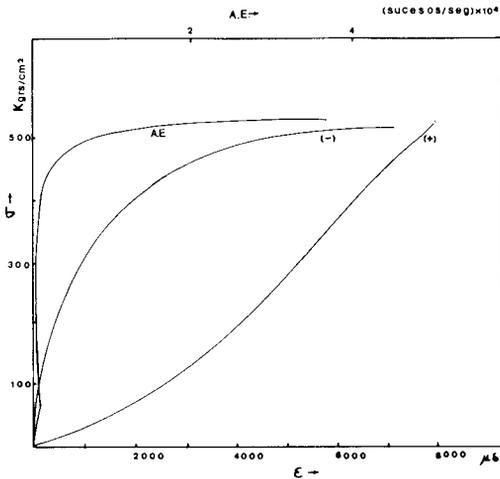


Fig. 4.—Curvas esfuerzo-deformación longitudinal (+), transversal (-) y de emisión acústica (A.E.) de la variedad menos alterada (M-1). σ : esfuerzo; ϵ : deformación.

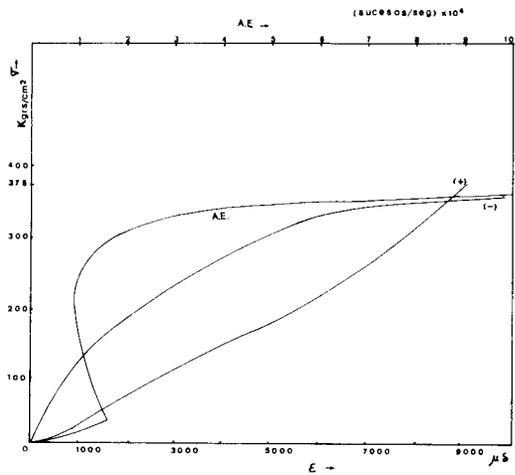


Fig. 5.—Curvas esfuerzo-deformación longitudinal (+), transversal (-) y de emisión acústica (A.E.) de la variedad más alterada (M-2). σ : esfuerzo; ϵ : deformación.

observaciones microscópicas relativas al estado de fisuración en ambas muestras.

INTERPRETACIÓN PETROFÍSICA

La diferencia existente en los valores de porosidad debe acharcarse exclusivamente a la mayor densidad de fisuración que existe entre ambas, dado que la alteración química que afecta a sus minerales es similar y prácticamente nula, y tanto la mineralogía como el resto de los factores texturales son idénticos en los dos casos. Todo esto afecta claramente los resultados de los ensayos de compresión uniaxial; así, con el aumento de la fisuración se produce un aumento de la deformabilidad de la roca, pasando de $8,1 \times 10^3 \mu d$ en la muestra más sana, hasta $9 \times 10^3 \mu d$ en la de mayor alteración. De igual modo la emisión acústica registrada es más alta, desde el mismo inicio del proceso de carga, en la roca más alterada. A su vez, la resistencia disminuye al aumentar la fisuración, pasando de 531 kg/cm^2 a 377 kg/cm^2 de la menos a la más alterada.

En consecuencia, las variaciones observadas en la resistencia, deformabilidad y registro de la

Fig. 3.—a) y b) fisuras intragranulares en micas y feldespatos e intergranular cuarzo-feldespatos. a) Nícoles cruzados. b) Microscopía de fluorescencia. c) Fisuración abierta en microscopía electrónica de scanning. Cada micromarcador 100 micras. d) Detalle de c). Cada micromarcador 10 micras.

emisión acústica son únicamente imputables a diferencias en la densidad de fisuración.

Es importante tratar de establecer una relación entre fisuración y emisión acústica. Si observamos la morfología de las curvas de emisión acústica, podemos diferenciar tres tramos bien definidos (Fig. 6). Un primer tramo AB en que, apenas comenzado el proceso de carga, hay ya un registro que va aumentando lentamente, hasta llegar a unos niveles de carga mayores caracterizados por un ligero y progresivo descenso. A partir del punto B, y durante todo el tramo BC hay un aumento paulatino, para, después del punto C dispararse los valores hasta llegar a la rotura de la roca (tramo CD).

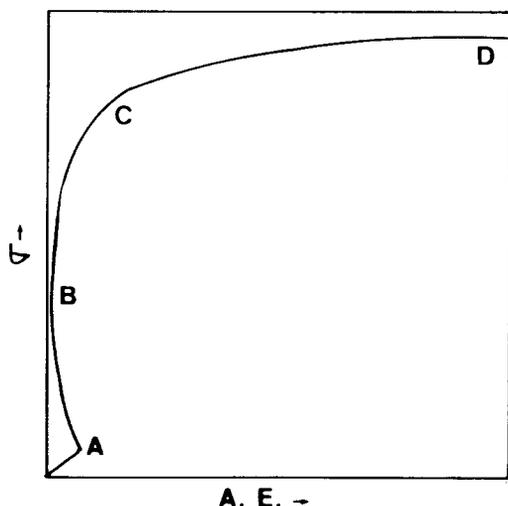


Fig. 6.—Curva esquemática de la emisión acústica (A.E.) frente al esfuerzo (σ).

El primer tramo, AB, corresponde al período de asentamiento y reorganización de los espacios vacíos internos preexistentes en la roca.

A partir del punto B se inicia una lenta recuperación que corresponde a las primeras etapas de inicio y propagación de nuevas fisuras y desarrollo de las preexistentes. Este punto coincide con lo que Perami (1971) denomina «umbral de microfisuración», que corresponde a la zona en que cesan las reorganizaciones internas y el cierre de fisuras, para comenzar inmediatamente la fase de ensanchamiento de éstas y la creación y propagación de otras nuevas. En el caso de la muestra menos alterada este punto

coincide con el 50 % de la carga total aplicada, mientras que en la muestra con mayor alteración física, lo hace con el 60 %.

A partir del punto C, y durante todo el tramo CD, tiene lugar la coalescencia de fisuras que da lugar a la rotura final de la roca.

Es necesario hacer constar que tanto en un caso como en el otro, la máxima emisión acústica registrada fue de 10^5 sucesos/segundo, lo que no corresponde a la emisión acústica total alcanzada por la roca en el momento de la rotura, que no fue posible registrar por efecto de la escala usada para los ensayos. De todos modos, algunos autores (Montoto et al. 1981 a y b); Suárez del Río, 1982) han determinado que rocas de características similares registraban una emisión de unos 2×10^5 sucesos/segundo en el momento de la rotura.

Es muy importante constatar que no sólo influye en estos resultados la cantidad de fisuración, sino también la calidad de la misma. Debemos tener en cuenta que en este caso es una fisuración abierta, sin ningún tipo de relleno o cicatrización, y de carácter fundamentalmente intergranular, aunque también existen fisuras intragranulares (generalmente afectando a feldespatos y micas, aprovechando sus planos de macla o exfoliación) y también algunas trasgranulares originadas por la interconexión de las dos anteriores. Toda esta red de fisuración es la que, en los primeros momentos de la carga tiende a cerrarse, para luego, al alcanzar el umbral de microfisuración, expandirse de nuevo y favorecer la creación de nuevas fisuras.

CONCLUSIONES

A lo largo del estudio se ha podido constatar una estrecha interdependencia entre la fisuración de la roca y las propiedades físicas determinadas.

Al ser la fisuración la única variable de todos los parámetros mineralógicos y texturales en las muestras estudiadas, todas las variaciones en sus propiedades físico-mecánicas estarán condicionadas por dicha variable. Así, al aumentar esta, aumentan la porosidad de las muestras, su deformabilidad y la emisión acústica asociada a los ensayos de compresión uniaxial simple, mientras que la resistencia a la compresión disminuye.

BIBLIOGRAFIA

- Calleja, L. (1981).—*Estudio petrofísico de materiales graníticos gallegos: Emisión Acústica*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Oviedo.
- Floor, P. (1966).—Petrology of an aegirine-riebeckite gneiss-bearing part of the Hesperian Massif: The Galifeire and surrounding areas, Vigo, Spain. *Leidsche Geologische Mededelingen*, 36.
- Hardy, H. R. Jr. (1966).—A loading system for the investigation of inelastic properties of geologic materials. Testing Techniques for Rock Mechanics, *ASTM STP 402, AM SDC. Test Material*, 255-260.
- Julivert, M., Fontbote, J. M., Ribeiro, A. y Conde, L. (1972).—Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. *Inst. Geol. Min. Esp.*, Madrid.
- Matte, Ph. (1968).—*La structure de la virgation hercynienne de Galice (Espagne)*. These doctorale, Univ. Montpellier.
- Montoto, M., Suárez del Río, L.M., Khair, A. W. y Hardy, H. R. Jr. (1981 a).—Acoustic emission behaviour of sound to weak granites: Petrographic interpretation. *Proceedings of the International Symposium on Weak Rock, Tokyo*, 285-290.
- Montoto, M., Suárez del Río, L. M., Khair, A. W. y Hardy, H. R. Jr. (1981 b).—A.E. in uniaxially loaded granitic rocks in relation to their petrographic character. *Proceedings 3rd conference on acoustic emission/microseismic activity in geologic structures and materials*. Pennsylvania State University, (en prensa).
- Ordaz, J., Esbert, R. M. y Suárez del Río, L. M. (1978).—A proposed petrographical index to define mineral and rock deterioration in granitic rocks. *Proceedings of the Symposium on Deterioration and Protection of Stone Monuments*, 1, (2.6), París.
- Perami, R. (1971).—*Contribution a l'etude experimentale de la microfissuration des roches sous actions mecaniques et thermiques*. These doctorale, Univ. Toulouse.
- Suárez del Río, L. M. (1982).—*Estudio petrofísico de materiales graníticos geomecánicamente diferentes*. Tesis doctoral, Facultad de Geología, Univ. Oviedo.
- Zalesskii, B. V. (Ed.) (1967).—*Physical and mechanical properties of rocks*. Israel Program for Scientific Translation. Jerusalem.

