

Las formas del modelado granítico ligadas a la estructura en lajas (Sheet structure)

The forms of granite modelate linked to sheet structure

SANZ HERRAIZ, C.

Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid. 28049 Cantoblanco

Las rocas graníticas se encuentran ampliamente representadas en la superficie de la Tierra y aparecen, con diversos caracteres y extensión, en distintos tipos de morfoestructuras, desde las plataformas a las cordilleras.

La morfología de los paisajes graníticos se relaciona con el ámbito morfoestructural en el que se desarrollan y con los sistemas morfoclimáticos que los han originado, sin embargo existen elementos o formas comunes que se reiteran en los diversos paisajes, formas convergentes que evolucionan a veces por procesos diversos, cuya fisonomía está ligada a caracteres intrínsecos de la roca, adquiridos en su génesis o en su evolución; formas inherentes a la propia roca que dan cierto grado de unidad a estos paisajes.

Los estudios de morfología granítica se han centrado fundamentalmente en los zócalos cristalinos de las plataformas, raíces arrasadas de las antiguas cordilleras del Precámbrico y Paleozoico. Estos granitos pertenecen a diversas épocas, generalmente son

Granite rocks are amply represented on the Earth's surface and appear, with various characteristics and extent, in different types of morphostructures from the plateaux to the mountain ranges. The morphology of granite landscapes is related to the morphostructural environment in which they develop and to the morphoclimatic systems which have produced them; however, there are, common forms or elements which are repeated in the various landscapes, convergent forms which sometimes evolve within differing processes, and whose physiognomy is linked to intrinsic characteristics of the rock itself, which give a certain degree of unity to these landscape.

Studies of granitic morphology have been focussed basically on the crystalline basement of the platforms, the roots of the ancient mountain-ranges of the Precambrian and Paleozoic ages, now swept away. These granites belonging to various different epochs, but generally old, generated in relation to orogenic phases, either before or

antiguos, generados en relación con fases orogénicas, previos o posteriores a las mismas, incluso algunos se han colocado tardíamente, cuando la evolución orogénica ha terminado. Estas superficies se caracterizan por los débiles contrastes topográficos y en ellas dominan las «llanuras graníticas».

La morfología litológica de las áreas montañas ha sido menos estudiada, aunque estas rocas son abundantes en ellas. Estas áreas pueden corresponder a sectores de las plataformas frágiles, deformados tectónicamente en conjuntos de horst-graben, morfoestructuras montañosas, generalmente de mediana altura, que se distinguen de las anteriores por su topografía más complicada y contrastada, aunque la petrología granítica es semejante; o a cordilleras generadas en los orógenos de la era Terciaria, en ellas se localizan actualmente las más altas montañas, en las que junto a los granitos premesozoicos, restos incorporados de las cordilleras antiguas, existen otros más jóvenes, ligados a la evolución orogénica más reciente. En el conjunto de las áreas montañas domina la topografía de vertientes y cumbres, pudiendo aparecer también los granitos en las fosas intramontañosas y en las llanuras de piedemonte, cuando éstas existen y no están cubiertas de sedimentos.

La variedad de contexto morfoestructural y también morfoclimático, diversifica los paisajes graníticos. Los caracteres de la roca favorecen o dificultan su meteorización y transformación en detrito o alterita, y ejercen por ello una influencia notable en la evolución de las formas. Sin embargo, la estructura tectónica que compartimenta internamente los macizos graníticos, parece un factor fundamental de la evolución morfológica.

LA ESTRUCTURA EN LAJAS

Las rocas graníticas, masivas en origen, aparecen en la superficie de la Tierra estructuradas internamente por sistemas de frac-

after them; some of them have even been placed in a late phase, when orogenic evolution has ended. These surfaces are characterized by slight topographical contrasts, and granitic plains are dominant in them.

The lithological morphology of mountainous areas has been the subject of less study, although they are frequently found in them. These areas may correspond to weak sections of the platforms, tectonically deformed in sets of horst-graben, mountainous morphostructures, generally of medium height, which are distinguishable from those that came before in their more complicated and contrasted topography, although the granite petrology is similar; or they may correspond to mountain ranges generated in the tertiary orogeny; in these at present the highest mountains are to be found, in which, together with premesozoic granites, remains incorporated from ancient mountain-ranges, there exist others, not so old linked to the more recent orogenic evolution.

Taken as a whole, in mountainous areas, a topography of slopes and peaks is dominant, while granites may also appear in intramountainous basins and also in piedmont plains when these exist and are not masked with sediments. The variety of both morfoestructural and morfoclimatic context makes granite landscapes more diversified. The features of the rock help or hinder its meteorization and transformation into *grus* or *regolith*, and thus exert a considerable influence over the evolution of the forms. However, the tectonic structure which internally partitions the granite massifs, appears to be a basic factor in morphological evolution.

SHEET STRUCTURE

Granite rocks, massive in origin appear on the Earth's surface internally structured by systems of fractures which break up their character of massive ness and constitute the

turas que rompen su masividad y constituyen las vías de meteorización y denudación de las mismas.

Además de las fracturas que articulan las grandes unidades de relieve, las fallas que delimitan bloques desnivelados o relativamente desplazados, los granitos presentan en su masa sistemas de diaclasas paralelas, generalmente de tendencia curva y de gran radio de curvatura, lo que hace que, en reducidos sectores, puedan aparecer como rectilíneos. Estos sistemas dividen la roca en lasjas o losas de diverso espesor y suelen ser varios los que afectan a una misma masa rocosa, de manera que se interfieren en ella formando redes oblicuas o pseudoortogonales.

La tendencia generalizada al diaclasado curvo de las masas graníticas es conocida desde hace tiempo y ha sido interpretada como un efecto ligado a caracteres adquiridos en la consolidación magmática, o en la evolución tectónica. La liberación de la carga litostática a que se ven sometidas las rocas graníticas, de origen profundo, cuando llegan a alcanzar la interfaz de la Tierra, puede explicar también la génesis de fracturas paralelas a la superficie liberada, en relación con los fenómenos de descompresión.

La fracturación de la roca, apreciable a todas las escalas, desde la microfisuración de los cristales a la compartimentación de los plutones, rompe su masividad introduciendo un sistema de discontinuidades que constituirá la más importante trama de penetración de los procesos exógenos que provocan la meteorización y denudación de la roca y, consiguientemente, el desarrollo de la morfología granítica. Las formas modeladas sobre las rocas, verdaderas esculturas del paisaje granítico, se adaptan a esta trama estructural común, y por ello se asemejan, son formas de convergencia, con frecuencia bastante independientes de los procesos que las han modelado y del contexto morfoestructural en que han evolucionado.

Estas formas han sido reconocidas y estudiadas en las «llanuras graníticas», donde son elementos residuales de los procesos de

way in which they are meteorized and bared (denudated). Besides the fractures which articulate the great relief units the faults which demark univen or relatively displaced blocks, the granites present in their mass systems of parallel diaclases, generally tending to be curved, and with a large radius of curvature, which makes them appear, in small sections, to be straight. These systems divide the rock into sheets or plates with variable thickness and several may affect the same rocky mass, so that changes may be affected in it, forming oblique or pseudo orthogonal networks.

The general tendency towards the curved diaclases of granite masses has been known for some time and has been interpreted as an effect linked to characteristics acquired during magmatic consolidation, or during the tectonic evolution. The liberation of the lithostatic charge to which granite rocks, originally deep, are submitted when they reach the interface of the Earth, may also explain the genesis of fractures parallel to the liberation surface, in relation with unloading phenomena.

The fracturing of the rock which is evident at all levels, from the microfissuring of crystals to the partitioning of plutons, breaks its massivity introducing a system of discontinuities which will make up the most important line of penetration of the exogenous processes which trigger the meteorization and baring of the rock and, as a result, the development of granite morphology. The forms modelled over the rocks, which are the real sculptures of the granite landscape, adapt themselves to this common structural frame and so are similar, to each other. They are converging forms, quite often independent of the processes which have modelled them and of the morphoestructural context in which they have evolved.

These forms have been recognized and studied in «granite plains» where they are residual elements of processes of alteration, «inselberg» (TWIDALE, W. R., 1982), but,

alteración, «inselberg» (TWIDALE, C. R., 1982), pero existen también en vertientes y cumbres, en ellas puede observarse como se generan y evolucionan siguiendo una trama tectónica que sirve de pauta al desmantelamiento de la roca en su superficie por desprendimiento de bloques.

EL MODELADO GRANITICO EN LA MONTAÑA MEDIA

Existe un conjunto de formas de equilibrio a las que tienden las masas graníticas en su evolución, por lo que constituyen formas típicas del modelado sobre este tipo de rocas. Estas se generan adaptadas a la trama estructural de las diaclasas de gran radio de curvatura y alta frecuencia que compartimentan las masas graníticas según diversos sistemas, los cuales, en relación con la superficie del terreno, pueden ser considerados de débil, medio y fuerte buzamiento (gráfico n.º 1). La diversa apertura de las diaclasas de estos sistemas condiciona la evolución de la roca hacia diferentes tipos de formas. Esta apertura diferencial de las diaclasas está en relación con la capacidad de penetración de los procesos de alteración y disgregación y con las tensiones a que se ven sometidas las rocas en las distintas topografías montañas en relación con la fuerza de gravedad.

Cuando se conservan bien las lajas convexas, separadas por el sistema de diaclasas de débil buzamiento, se generan formas redondeadas: «dorsos de ballena», «cabezas rocosas» y «domos» que en montaña pueden haberse iniciado bajo mantos de alteración, pero evolucionan subaereamente por desprendimiento de bloques, llegando a adquirir las mismas formas que en las llanuras, aunque en la montaña los equilibrios sean menos estables, observándose elementos en diverso grado de evolución y en proceso de destrucción y transformación en otros tipos de modelados. Cuando se conservan las formas convexas, las losas o lajas envuelven el

also exist in slopes and peaks; in them it can be observed how they are generated and evolve following a tectonic frame which acts as a guide for the dismantling of the rock surface through shedding of blocks.

GRANITE MODELATE IN MEDIUM-MOUNTAIN

There is a set of forms of equilibrium to which granite masses tend in their evolution, so that they constitute typical forms of modelate on this type of rocks. These are generated adapting themselves to the structural frame of the diaclases with a wide radius of curvature and high frequency, which partition the granite masses according several systems, which, in relation to the land surface, may be considered as of weak, medium or strong dip (Fig. 1). The different openings of the diaclases of these systems condition the evolution of the rock toward different types of shapes. This different opening of the diaclases is related to the ability to penetrate of the processes of alteration and desintegration, and to the tensions to which the rocks are submitted in the differing mountain topographies in relation to the force of gravity.

When convex sheets are well preserved, separated by the system of weak-dip diaclases, rounded forms are produced: «whalebacks», «bonhardts» and «domes» which in mountain areas may have been begun under the cover of alteration, but which evolve by the shedding of block subaerially.

Eventually taking the same form as in plains, although in mountains equilibrium is less stable, there being elements in various degrees of evolution and in the process of destruction and transformation into other types of modelates. When convex forms are conserved, plates or sheets cover the tip, making it appear generally like a dome or head. In areas where there is only slight baring of the rock, as in surfaces loca-

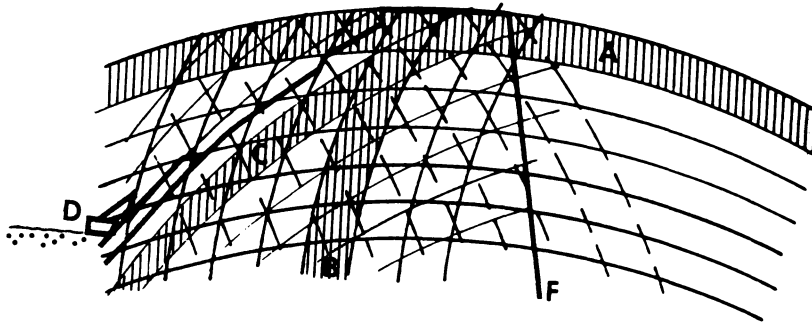
Gráfico n.º 1

Generación de domos graníticos a partir de la estructura interna en lajas de diverso buzamiento en que suele aparecer compartimentada la superficie de la roca.

Generation of granite domes based on the internal structure in sheets of various dips in which the rock surface is usually partitioned.

I. Domo tipo Yelmo (S.ª de Guadarrama)

I. «Yelmo» - Type dome (Sierra de Guadarrama).



F. Falla - A. Sistema de lajas de débil buzamiento.

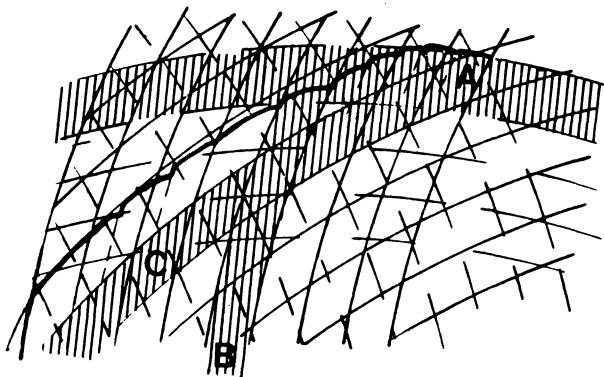
B. Sistema de lajas de fuerte buzamiento. C. Sistema de lajas de buzamiento medio. D. Restos de lajas desprendidos.

F. Fault A: Weak-dip sheet system.

B. Strong-dip sheet system. C. Medium-dip sheet system. D. Remains of broken-off shedded sheets.

II. Domo tipo Maliciosa Chica (S.ª de Guadarrama).

II. «Maliciosa Chica» (Sierra de Guadarrama).



A. Lajas de débil inclinación muy destruidas por diaclasas transversales. B. Lajas de fuerte inclinación. C. Lajas de inclinación media.

A. weak-sloping sheets very deteriorated by transverse diaclase.

B. strong steep-sloping sheets.

C. medium-sloping sheets.

área culminante, dándole el aspecto general de cúpula o cabeza. En áreas donde la denudación de la roca es débil, como en las superficies de piedemonte, predominan los «dorsos de ballena» y las «cabezas rocosas», estas últimas son formas más extensas y ya no suelen coincidir exclusivamente con el sistema estructural de diaclasado de débil buzamiento, como las anteriores, sino que presentan en su perfil límites más verticalizados coincidentes con diaclasas que pertenecen a los otros sistemas. La forma más evolucionada es la del «domo», el desarrollo de la morfología curva en sus vertientes se realiza a través de la explotación del conjunto de sistemas mencionados; en la parte alta se conservan restos reducidos de lajas convexas de débil buzamiento, mientras las laderas se articulan sobre los sistemas de mayor inclinación (gráfico n.º 1). En la Sierra de Guadarrama (Sistema Central español) pueden observarse «cabezas rocosas» y «domos» en diverso grado de evolución (SANZ HERRAIZ, C., 1988). Cuando se localizan en posiciones de interfluvio, sobre topografías llanas como el Yelmo de la Pedriza de Manzanares, son formas bastante estables, pero si se sitúan en áreas de pendiente acusada, donde la fuerza de gravedad es más intensa, como el domo de la Maliciosa Chica, las diaclasas del sistema de fuerte buzamiento, casi verticales, tienden a abrirse rompiendo la continuidad de la laja culminante, pseudo-horizontal o debilmente inclinada, que envolvía la forma. Una mayor evolución hace que ésta se destruya progresivamente y se desarrolle en la cumbre la morfología acastillada, por desprendimiento irregular de los bloques en que queda dividida la laja superior.

Las formas rocosas curvas de las vertientes graníticas, denominadas en castellano «lanchares» o «llambriás», se asemejan a los flancos de «cabezas rocosas» y «domos» y tienen su mismo origen. Por último, los tors,

ted in the mountain foot zone, «whale-backs» and bornhardts, predominate, the latter being more exent forms, not usually coinciding exclusively with the structural system of weak-dip diaclases as were the ones before, but which present in their profile more vertical limits coinciding with diaclases belonging to the other systems.

The form which has evolved most fully is that of the «dome», the development of the curved morphology of its slopes is carried out through the exploration of the above mentioned systems together in the upper part small amounts of remains of weak-dip convex sheets are preserved, while the sides are articulated over the systems which lean most obliquely (Fig. 1). In the Sierra de Guadarrama (Spain Central System) «bornhardts» and «domes» can be seen in different degrees of evolution (SANZ HERRAIZ, C., 1988). When they are found in interfluvial positions, over flat topographies such as the Yelmo de la Pedriza de Manzanares, are fairly stable forms, but if they are found in sharply sloping zones where the force of gravity is stronger, such as the dome of the «Maliciosa Chica» the diaclases of the strong-dip system, almost vertical, tend to open, breaking the continuity of the sheet at the top pseudo-horizontal or slightly sloping, which surrounded the form. Further evolution causes this to be progressively destroyed and the castellated morphology to be developed at the summit, through irregular shedding of the blocks in which the upper sheet becomes divided.

The curved rocky forms of granite slopes, called in spanish «lanchares» or «llambriás», are similar to the sides of «bornhardts» and «domes», and have the same origin. Lastly the tors one of the most widespread granite forms and of the most extensive typologies, are internally articulated by the systems of wear -and strong- dip sheet structures. The different frequencies and openings of each one constitute the fundamental factors in the diversification of the form.

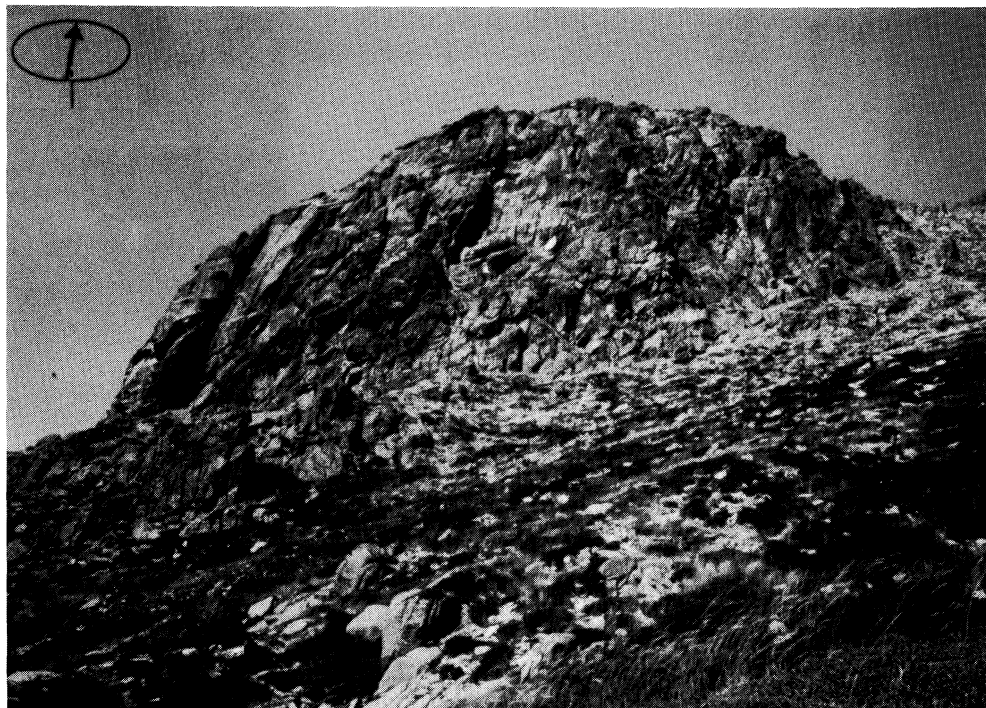
una de las formas graníticas más difundida y de tipología más amplia, están articulados internamente por los sistemas estructurales en lajas de débil y fuerte buzamiento. Las distintas frecuencias y aperturas de cada uno, constituyen los factores fundamentales de diversificación de la forma.

Este conjunto de morfoestructuras (s. l.) en las que aparece modelada la parte más superficial de la roca granítica, no tienen necesariamente un determinado significado morfoclimático, sino que son formas de equilibrio ligadas a caracteres internos de la roca, por lo que pueden evolucionar y manifestarse en superficie, con mayor o menos perfección, bajo distintos sistemas morfogenéticos.

These set of morphostructures (s. l.) in which the outer part of the granite rock surface has been modelled have no determined morphoclimatic meaning necessarily, but are forms of balance (equilibrium) linked to internal characteristics of the rock, so that they can evolve and be displayed on the surface, more or less perfectly, within different morphogenetic systems.

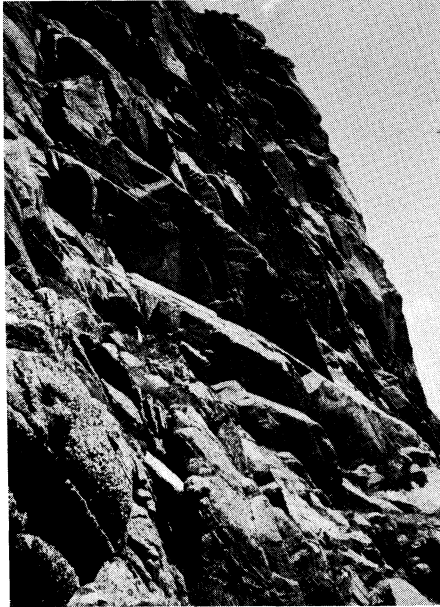
BIBLIOGRAFIA

- TWIDALE, C. R. (1982). *Granite Landforms*. Amsterdam, Elsevier, 372 pp.
- SANZ HERRAIZ, C. (1982). *El relieve del Guadarrama oriental* Madrid, Comunidad de Madrid, Consejería de Política Territorial, 547 pp. 25 mapas.



Fot. 1. Domo de la Maliciosa Chica. Adaptación de la forma a la estructura.

Dome of the «Maliciosa Chica». Adaptation of form to structure.



Fot. 2. Detalle del mismo domo. Compartimentación interna según sistemas de diaclasas de diversa inclinación.

Detail of same dome. Internal partitioning according to systems of diclases of various degrees of slope.