



## Formas menores en rocas graníticas: un registro de su historia deformativa

### Minor forms in granitic rocks: a record of their deformative history

VIDAL ROMANI, J. R.

Las formas menores sobre rocas graníticas pueden tener muy diferentes orígenes. En unos casos presentan una relación directa con la estructura de la roca sobre la que se desarrollan. Su generación, ha tenido lugar en dos etapas: una endógena, después de la consolidación del magma, durante la que van a quedar impresos los rasgos esenciales de la forma, debidos principalmente a la deformación de la roca. Otra exógena, en que los procesos de alteración ponen de manifiesto, al atacar la roca, las estructuras deformativas existentes en esta. Las formas resultantes se denominan primarias y se definen como polifásicas y endógenas. Algunas veces, también los procesos geodinámicos externos, pueden producir fuerzas con magnitudes que superen la resistencia de esta, generando formas primarias, definidas como unifásicas y exógenas. La acción de la meteorización puede ocasionar la destrucción, total o parcial, de ambos tipos de formas. Las etapas intermedias en esa degradación han sido entendidas como un nuevo tipo de formas primarias, pero se trata de formas secundarias. Conociendo la génesis de las formas, se puede establecer la secuencia temporal de su formación, y relacionarlas, cualitativa y cuantitativamente, con los procesos de deformación sufridos por el macizo con el que se asocian en cada caso.

**Palabras clave:** geomorfología granítica, formas menores, estructura, formas primarias, formas secundarias.

Minor forms upon granitic rocks corresponds to different origins. In some cases they show a direct relationship to the structure of the rock upon which they form. Their generation takes place in two stages: one endogenous, after the consolidation of the magma, during which the essential features of the form will be imprinted, due, principally, to the deformation of the rock; the other exogenous in which the alteration processes, on attacking the rock, demonstrate their structure. The resulting forms are known as primary forms, and they are defined as polyphase and endogenous. Sometimes, the external geodynamic processes, produce stresses which exceed the resistance of the rock, and can produced also primary forms, defined as uniphase and exogeous. The action of meteorization can

cause the destruction (total or partial) of all these primary forms. The intermediate stages of this desintegration have been interpreted as new types of primary forms, when, the fact, they are secondary forms. Once we are familiar with the genesis of the forms, we can establish the temporal sequence of their formation, and relate them, qualitatively and quantitatively, with the deformation processes suffered by the massif with which they are associated in each case.

**Key words:** granite geomorphology, minor forms, structure, primary forms, secondary forms.

VIDAL ROMANI, J. R. (Laboratorio Xeolóxico de Laxe, 15168 O Castro, España).

## INTRODUCCION

La geomorfología granítica como parte de la geomorfología litológica estudia la relación entre características litológicas y formas erosivas desarrolladas sobre ese tipo de rocas. En la evolución de las ideas y los conceptos a lo largo del tiempo, desde que por vez primera se define una forma granítica hasta el día de hoy, distinguimos las siguientes etapas, aun cuando no sean cronológicamente sucesivas.

Inicialmente, las formas desarrolladas sobre rocas graníticas, se estudian incluyéndolas dentro de la geomorfología general, (DERRUAU, 1978), aunque dejando bien claro que pueden encontrarse ejemplos con morfología y características similares sobre cualquier tipo de roca. Es el caso p. e., del tafone, (GRENIER, 1968), o del inselberg, (THOMAS, 1978). La publicación de trabajos monográficos específicos sobre geomorfología granítica entre los que destacamos los de GODARD (1977) y TWIDALE (1982), tiene como resultado la consolidación de un concepto de geomorfología granítica, específico e individualizado. La idea del paisaje granítico se va a poder concretar, entonces, en un conjunto de formas (agradativas y degradativas), diferenciadas por

sus diferenciadas dimensiones en mayores y menores, que nos permitirán definirlo con mayor precisión (TWIDALE, 1982, 1989). El intento de desvelar la génesis de formas graníticas pone de nuevo en evidencia (VIDAL ROMANI, 1989), la coincidencia de la totalidad de las formas, erosivas o no, definidas para granitos, con las observadas sobre otras rocas, sean magmáticas, sedimentarias o metamórficas. En la actualidad (CENTENO *et al.*, 1988), la tendencia general, aunque con algunas discrepancias, está en realzar el papel de la estructura de la roca, tanto en la definición, o pre-definición, de las formas graníticas, como en su resultado geomorfológico final (VIDAL ROMANI, 1989).

## LA ESTRUCTURA EN LA DEFINICION DE FORMAS GRANITICAS

La relación entre el origen de las formas graníticas menores y la estructura de la roca aparece ya esbozada en trabajos muy antiguos (KVELBERG y POPOFF, 1937; KLAER, W., 1956; MATSCHINSKY, 1954), caracterizados sobre todo por la originalidad de sus conclusiones. En ellos se

considera ya que algunas de estas formas, especialmente los tafoni, no se generan durante un episodio de alteración banal subaérea. La idea se halla también implícita en el caso de las formas mayores, al establecerse, p. e., una relación entre la formación de un inselberg y la densidad del diaclasado (GARNER, 1974; THOMAS, 1978). Sin embargo, la relación forma-estructura es especialmente evidente en el caso de las formas menores (VIDAL ROMANI, J. R., 1983, 1989).

No se puede negar la existencia de diferencias sustanciales en las génesis atribuidas a las formas menores desarrolladas sobre granitos. Según algunos autores, estas formas, se generarían en ambientes epigénicos o superficiales, como consecuencia, esencialmente, de una meteorización subedáfica primero, y luego subaérea de la roca (TWIDALE, 1982), donde, el agua jugaría un importante papel como agente degradativo y de transporte de los materiales alterados (TWIDALE, 1989; CENTENO, 1989). Se trataría pues, de una génesis polifásica, realizada en dos etapas.

Otros autores (VIDAL ROMANI, 1983, 1989), aun apoyando la idea de un origen polifásico para la génesis de las formas graníticas, diferencian más de dos etapas en su generación. Las resumen en dos momentos en la evolución del macizo rocoso: uno endógeno, en el que tiene lugar la deformación de la roca, y en el que quedan «impresos» (VIDAL ROMANI, 1989), en ésta una serie de rasgos esencialmente estructurales. Otro exógeno, con las dos etapas antes señaladas, una subedáfica y otra subaérea de evolución de la roca. Durante la etapa endógena, la roca ha debido pasar por una compleja historia, de la que tan solo se conservan, rasgos textural-estructurales, con origen en procesos magmáticos, térmicos o tectónicos, (lo que GAGNY y COTTARD, 1980, definen como fábricas magmática, térmica y diastrófica, respectivamente), que ha sufrido la roca desde su estado magmático fluido inicial hasta su consolidación.

## ESTUDIO SECUENCIAL DE LA GENERACION DE FORMAS MENORES DURANTE EL PROCESO DE CONSOLIDACION MAGMATICA

Las formas mayores (TWIDALE, 1989; VIDAL ROMANI, 1989), se pueden integrar dentro de los macro acontecimientos que determinan la evolución exógena de un macizo rocoso, pudiendo ser correlacionadas con eventos geodinámicos de alcance regional, y por tanto de fácil ubicación en la historia geomorfológica del área donde se sitúan.

Las formas menores son, en contraste, tan solo detalles de las mayores y por ello, al depender por un lado, su génesis, de las características primarias de la roca (VIDAL ROMANI *et alters*, 1989), y por otro, su manifestación, de la historia geomorfológica del área, son más difícilmente integrables en este esquema.

Nuestro trabajo se va a referir, en lo que sigue, exclusivamente a las formas llamadas menores o micromorfias (TWIDALE, 1982; VIDAL ROMANI, 1989). Su estudio exige un conocimiento del macizo con un grado de detalle poco habitual en trabajos geomorfológicos. Ocurre además que, estructuras de deformación, base para la generación de muchas de las formas menores descritas en la literatura, (p. e., *croûte de pain*, *flaggy structure*, *chocolate tablet*, etc.) (VIDAL ROMANI, 1989), habitualmente tipificadas en los manuales de geología estructural, se identifican geomorfológicamente, de una manera errónea (ver VIDAL ROMANI, 1989; VIDAL ROMANI *et alt.*, 1989), o solo se describen por su aspecto formal, sin considerar su génesis.

Si se acepta la influencia de la estructura de la roca en la determinación de las formas, es importante, evidentemente, conocer cuando y como se producen las deformaciones que en la mayoría de los casos las determinan.

## LA FABRICA MAGMATICA

Según las hipótesis comunmente aceptadas, las rocas magmáticas intrusivas se originan a consecuencia de la cristalización de un fundido silicatado (magma), a elevada temperatura (800°C) (RAGIN, 1957). En estas condiciones, el movimiento del magma, (y por tanto, las posibilidades de que adquiriera una fábrica magmática) (GAGNY y COTTARD, 1980), deben ser equiparables a las de un fluido con características newtonianas, donde la deformación, o en este caso el movimiento, dependen de factores como la viscosidad del magma, y esta, de la temperatura, acidez, contenido en volátiles, etc. De los movimientos de la masa magmática en esta etapa, pueden quedar huellas en la textura-estructura de la roca (Fig. 1), p. e.: bandeados, segregaciones minerales, etc. No conocemos que se haya asociado nunca algún tipo de forma, con la fábrica magmática.

## LA FABRICA DIASTROFICA: ETAPA PLASTICA

A medida que va disminuyendo la temperatura en el magma, (aunque también puede ser por cambio de alguno de los factores antes mencionados, p. e., en el contenido en volátiles), van a variar las características de sus movimientos. El tipo de fluido que mejor representa su comportamiento es uno de tipo bingham (HIBBARD y WATERS, 1985), donde el magma, parcialmente cristalizado, se comporta, al moverse, como un material en estado plástico. En esta etapa se alcanza lo que llaman algunos autores (ARZI, 1978; VAN DER MOLEN y PATERSON, 1979) *critical melting fraction*, (c. m. f.), (30 a 35 % de fracción fundida). Un magma en esas condiciones, se halla sometido a esfuerzos comprensivos, los únicos admisibles para el régimen litostático existente en el interior de la corteza terrestre. Cualquier coacción a la masa mag-



Fig. 1. Fábrica magmática en granito de biotita del Macizo de Traba (A Coruña, España).

mática que de lugar al contacto entre los granos de los minerales que ya han cristalizado, (fracción sólida precursora), va a generar una presión intersticial. La rotura de un mineral sujeto a estas condiciones tensionales compresivas (ENGELDER, T., 1989) puede producirse hasta la profundidad límite donde la relación presión intersticial/carga litostática se aproxime a uno. Esto permitiría el desarrollo de sistemas de fracturas por extensión, incluso en el régimen compresivo supuesto por nosotros aquí.

Algunos tipos de formas menores en granitos, referidas como lineales (VIDAL ROMANI, 1989), y con relación clara con la estructura de la roca (MARTI y VIDAL ROMANI, 1981; VIDAL ROMANI *et alters*, 1983; VIDAL ROMANI, 1989; TWIDALE, 1982), son, en nuestra opinión, el resultado de la deformación de magmas en condiciones como las definidas para el c. m. f. Estas formas, solo se van a poner de manifiesto,

(es el caso de las nerviaciones o de las pseudopías, VIDAL ROMANI *et alters*, 1983) (Fig. 2), luego de la alteración subaérea posterior de la roca. Se trata de las formas menores de generación más temprana para las rocas graníticas. En este caso, los límites entre la forma y la roca encajante solo son distinguibles morfológicamente, pues, texturalmente, no hay diferencia apreciable (VIDAL ROMANI *et alters*, 1989), lo que confirma que el estado del material cuando tuvo lugar la rotura no era rígido, y que a medida que se abría la grieta esta era rellenada por fluidos de origen magmático procedentes del entorno inmediato (HIBBARD y WATTERS, 1985).

#### LA FABRICA DIASTROFICA: ETAPA RIGIDA Y MIGRACION DE FLUIDOS

En una etapa más avanzada, (en la evolución de la consolidación-cristalización del

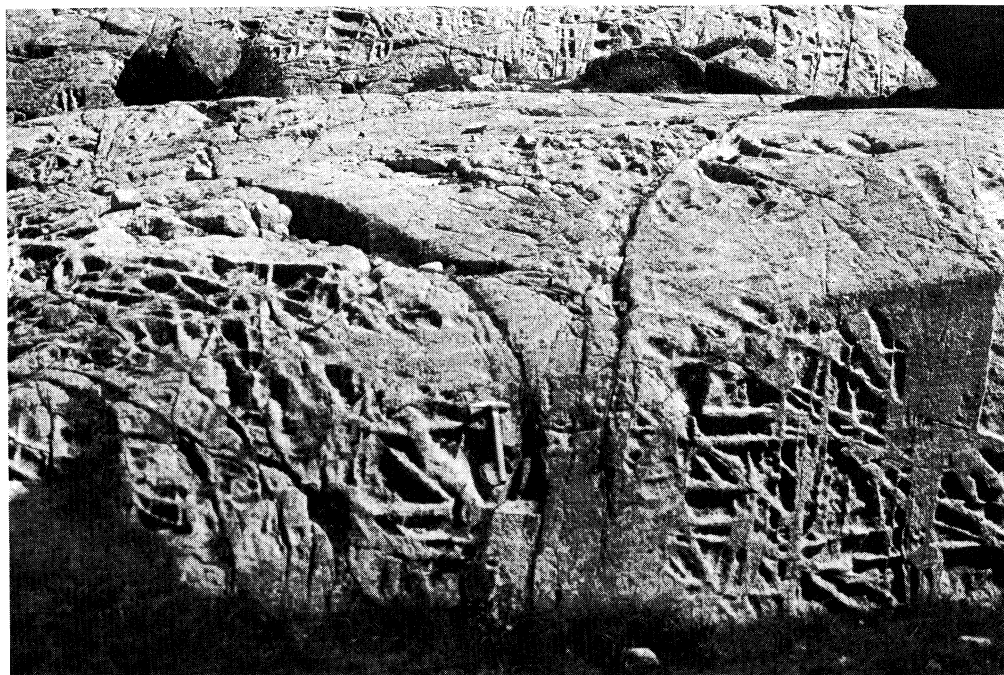


Fig. 2. Nerviación en granodiorita del Plutón de Panticosa (Jaca, Pirineos Centrales, España).

macizo), con disminución en el porcentaje de fundido por debajo del c. m. f., se va a producir otro tipo de roturas en el material magmático deformado, (aquí ya se podría empezar a hablar de roca), acompañadas por el relleno del hueco producido, por fluidos residuales de origen magmático. En este caso el contacto, rotura-roca encajante, se mostrará por un cambio neto en el aspecto de la roca, (un sill) (Fig. 3). Una vez producida la rotura, se va a incrementar la porosidad y la permeabilidad de la roca según ese plano de discontinuidad. Esto permitirá, por una parte, la inyección de fluidos a través de la discontinuidad abierta, y por otra, la dilatación de la grieta, y su apertura, por un mecanismo similar al de la fracturación hidráulica. Esto es lo que permite justificar la génesis de otra de las microformas lineales, similares a las nerviaciones, aunque aisladas generalmente, y de mayores dimensiones (longitud, espesor), genéricamente denominadas «parting» (TWIDALE, 1982).

Serían entonces formas de génesis posterior al de las nerviaciones. (Cabe igualmente pensar en la posibilidad de que las nerviaciones se generen igualmente, aunque en un estadio anterior a las «parting», también por fracturación hidráulica).

#### Etapa rígida-dúctil sin migración de fluidos

En una siguiente etapa, con el magma ya prácticamente consolidado, tendríamos una fracción residual fundida inferior o igual al 10-15 %, aunque con escasa posibilidad de migración de estos fluidos a través de las fracturas originadas por los procesos de deformación-rotura. Así se originarían fracturas abiertas y vacías denominadas como: hieroglifos, cleft, polygonal cracks, star fractures (Fig. 4), chocolate tablet, formas sigmoidales vacías, flaggy structure o pseudobedding, etc. (Fig. 5) (TWIDALE, 1982; VIDAL ROMANI, 1989). Correspondería a



Fig. 3. Sill de microgranito en granito de biotita del Macizo de Traba (A Coruña, España).



Fig. 4. Fracturas en estrella en granito de biotita del Macizo de Traba (A Coruña, España).

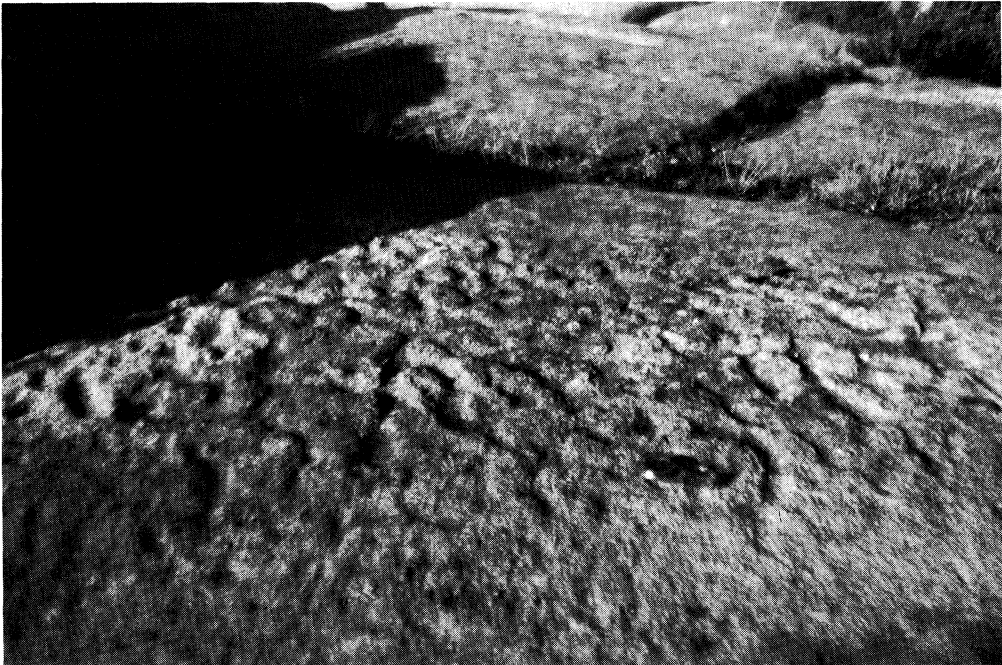


Fig. 5. Estructura bandeada, o pseudobeding o pseudoripples en granodiorita de As Lagoas de Marinho (Gerez, Portugal Norte).



un tipo de deformación denominado como dúctil (IGLESIAS y CHOUKROUNE, 1980).

Etapa rígida-frágil:

La generación de las diaclasas se pueden asignar a una fase mucho más tardía, en la que el porcentaje fundido ha quedado reducido al mínimo (1-2 %). En ella, los planos de fractura que afectan a la roca van a cortar claramente los cristales de la masa (roca), encajante a uno y otro lado de este. No hay circulación de fluidos (Fig. 6), y estas diaclasas se hallan definidas por superficies planares o alabeadas, correspondientes a la deformación-rotura de una roca en un estado rígido-elástico.

FABRICA DIASTROFICA: ULTIMAS DIACLASAS

La ubicación a partir de la deformación de diaclasas de otro tipo de formas como las vasque (gnamma, pia) y los tafoni (cacholas) es más conflictivo, ya que, mientras unos autores las consideran claramente como de origen epigénico (TWIDALE, 1982; CENTENO, 1989), otros las atribuyen, al menos en algunos casos a una deformación post diaclasa, o tardía, del macizo, cuando en este ya se han individualizado prácticamente todos los sistemas de discontinuidades (VIDAL ROMANI, 1983, 1989). Nos atenemos, obviamente, a la segunda interpretación genética para estas formas (tipo pia y tafone). Según ella, la posibilidad de concentración de cargas en puntos localizados de los planos de diaclasas, o aun de una



Fig. 6. Diaclasa (clef), abierta en granito de biotita del Macizo de Traba (A Coruña, España).



masa rocosa en general (ENGELDER, 1987 in ATKINSON, 1987), con una clara isotropía estructural (granitoides, areniscas o, en general, rocas masivas), es perfectamente admisible (VIDAL ROMANI, 1989). La concentración de esfuerzos en puntos localizados del macizo (superficies de discontinuidad o de fracturas) va a generar en los entornos de los puntos de aplicación de esas cargas concentradas, recintos de plastificación con geometría diversa (esferoidal, elipsoidal, etc.). La relación entre la forma de estos recintos con la magnitud de la carga, contorno y área de apoyo de esta, ha sido ampliamente explicada en otros trabajos (VIDAL ROMANI, 1983, 1989). También se han deducido los tipos de formas generados en varios casos de carga. En estos recintos plastificados (o espacios lacunares), tiene lugar un peculiar movimiento de la masa rocosa, a nivel granular, que generará un sistema de microfisuras (grietas Griffith) (VIDAL ROMANI, 1989). El volumen rocoso afectado por las mismas, muestra una mayor susceptibilidad a la desagregación de la roca en él comprendida con respecto a la del resto del macizo. Estas zonas de debilidad no se ponen de manifiesto hasta que la roca se emplaza (o es llevada, p. e., tectónicamente), hasta dominios superficiales de la corteza. Darán lugar a la formación de cavidades denominadas vasque (gnammas, pias) y tafone (cachola) (vía tectónica, VIDAL ROMANI, 1989).

#### FASE EPIGENICA EN LA EVOLUCION GEOMORFOLOGICA DEL MACIZO ROCOSO

La etapa final y decisiva en la definición geomorfológica de un macizo rocoso granítico la va a constituir la interferencia entre este y la zona de meteorización superficial. El espesor de esta zona puede variar bastante. Algún autor (THOMAS, 1978), mencio-

na hasta 200 metros de profundidad, para zonas tropicales, como límite alcanzado por los procesos de meteorización). La alteración de la roca, como ya es bien conocido, debido a la baja porosidad del granito, progresa siguiendo los planos de discontinuidad, que afectan al macizo, y que han sido abiertos por fluencia rocosa, p. e., en la ladera de una montaña o por «sheeting», debido a descarga erosiva en la cúpula de un plutón. Al no haber sido sellados por migración de fluidos, permiten un fácil acceso del agua a partes del macizo en alteración, tanto más profunda cuando más lo sea el nivel de base parcial de su entorno físico inmediato. El progreso irregular de la alteración a través del sistema de discontinuidades, puede originar, nuevamente, en el macizo rocoso la concentración de esfuerzos, por migración de cargas (VIDAL ROMANI, 1983), en determinados puntos de este, y la consiguiente formación de cavidades, tipo vasque y tafone, por vía edáfica (VIDAL ROMANI, 1989).

Generalmente, la alteración progresa produciendo una morfología, en los macizos rocosos afectados, variable: convexa, cóncava, plana, o aún mixta, en la que la estructura tiene, en la mayoría de los casos una influencia crucial. Es la causa de más frecuente definición de las Megaformas (Inselbergs, Tor, Depresiones, etc. (TWIDALE, 1982)). Cuando esta alteración no se ve afectada por la estructura (caso de superficies planas rocosas), las irregularidades que se producen como consecuencia del avance desigual del frente de meteorización, se denominan formas de corrosión química (etch forms). Se generaría en esta etapa, para el caso de las formas menores, las vasques y tafoni, según algunos autores (TWIDALE, 1982, 1989). Cuando, por el contrario, es la estructura la que dirige el avance del frente de alteración, la morfología resultante es lo que nosotros denominamos aquí como, formas endógenas primarias, definidas ya durante la etapa endógena en la historia evolutiva del macizo rocoso.

## GENESIS DE LAS FORMAS PRIMARIAS EXOGENAS

En ciertos casos, la degradación por erosión eólica, glaciár, marina, etc., puede conducir a la aparición de una última generación de formas primarias exógenas. Es el caso, p. e., de las formas crecientes o «crescentic gouges», las estrías, cavitaciones, desconchamientos (DREWRY, 1986), (VIDAL ROMANI *et alters*, 1989), existentes en medios de erosión glaciár, o de las estrías, fracturas hertzianas o ventifactos, en medios eólicos (GREELY y IVERSEN, 1985), o de los desconchamientos producidos por oscilaciones térmicas rápidas, p. e., incendios.

Con esto llegamos al final de la historia generadora de formas menores en el caso de las rocas graníticas. Incluiríamos asimismo también en esta etapa la formación de los tafoni y vasque exógenos (vía edáfica) (ver Tabla I), producidos por el proceso de migración y concentración de cargas (VIDAL ROMANI, 1983, 1989), en condiciones superficiales, dentro del dominio de alteración epigénica del granito.

## GENERACION DE LAS FORMAS SECUNDARIAS

La degradación de las formas primarias puede dar lugar a una etapa de pseudogeneración de formas, que nosotros consideramos de génesis secundaria (VIDAL *et alters*, 1989), aunque generalmente no se diferencian de las formas primarias. Es el caso de los rock doughnut (TWIDALE, 1989), roche en benitier (COUDE-GAUSSEN, 1981), pedestal rock, plinth rock (TWIDALE, 1982), formas plato, cuellos de camisa, rocas taba, silla de montar, etc. (VIDAL ROMANI, 1989), (PEDRAZA *et alters*, 1989). Son los procesos geodinámicos externos, (viento, mar, río, glaciár, etc.), actuando sobre la roca expuesta a ellos, los que producen esa secuencia de estadios intermedios en la destrucción de las formas prima-

rias, endógenas y exógenas, y que aquí llamamos formas secundarias.

## CONCLUSIONES

En lo que antecede se ha podido establecer la relación entre la generación de formas y los procesos deformativos sufridos por un macizo rocoso granítico, desde su estadio magmático inicial de preconsolidación, hasta la fase final rígida. Se pueden diferenciar así, una serie de formas generadas en dos etapas: una endógena o subterránea, durante la que tiene lugar la impresión de determinadas estructuras deformativas en la roca, las que, a su vez, determinan en el macizo zonas de desigual resistencia a la meteorización. No obstante, este hecho no se va a poner de manifiesto hasta que la roca alcance niveles superficiales e interfiera con el dominio de meteorización (subaéreo o subedáfico).

En el orden secuencial, antes descrito, las primeras formas determinadas en esta etapa endógena serían las nerviaciones y a continuación los partings, que corresponderían a la etapa de consolidación del magma por debajo del c. m. p. del magma.

Posteriormente, en una etapa más seca (porcentaje de magma fundido < 10%), las deformaciones en la roca (ya se puede considerar así al magma), no serían acompañadas por migraciones de fluidos. Al interferir con el dominio de alteración superficial, van a dar lugar a formas huecas, como: pseudobedding o pseudoestratificación, ripples o rizaduras, en granitos, para el caso de una menor intensidad de la deformación. En los caso de deformación extrema se originarán formas de tipo: chocolate tablet, polygonal cracking, croûte de pain, etc.

En una etapa más avanzada, con la roca ya totalmente consolidada, tiene lugar la deformación en estado frágil, en el que va a ser definido el sistema de diaclasas que contribuye, principalmente a la creación de formas mayores (cóncavas o convexas).

En la etapa final, aunque aun en el dominio subterráneo, y por procesos de concentración de cargas según los planos de discontinuidad o sistemas de diaclasas se formarían las vasque y los tafoni (vía tectónica). Así culminaría la fase endógena de delimitación de formas por procesos deformativos en un macizo rocoso granítico.

En una etapa ya claramente exógena, los procesos geodinámicos externos pueden inducir fuerzas concentradas de magnitud suficiente como para producir deformación en las rocas graníticas (esencialmente los procesos glaciares, eólicos, marinos, térmicos). En este caso podría generarse un último tipo de formas primarias, entre otras, las formas crecientes glaciares, o crescentic gouges, o las formas de erosión eólica. También en es-

ta fase podría tener lugar la formación de la segunda generación de tafoni y vasque (vía Edáfica) (ver Tabla I).

Finalmente, durante la etapa final o epigénica, tiene lugar la destrucción de las formas primarias, cuyos diversos estadios son definidos generalmente como formas secundarias. Igualmente, ocurriría en esta etapa la generación de las formas de corrosión química (etché forms).

Es pues posible establecer una relación cuantitativa y aún cualitativa entre la geomorfología y los procesos deformativos que afectan al substrato rocoso. También es posible realizar, al menos en ciertos casos, un ordenamiento cronológico en la generación de las formas desarrolladas sobre rocas graníticas.

## BIBLIOGRAFIA

- ARZI, A. A. (1978). Critical phenomena in the reology of partially melted rocks. *Tectonophysics*, 44, 173-184.
- CENTENO, J. D. (1989). Quaternary evolution of relief in the southern slope of the Central Range of Spain. Residual forms as morphological indicators. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 13, 79-88.
- CENTENO, J. D., PEDRAZA, J., MOLINA, E., SANZ, M. C., VIDAL ROMANI, J. R. (1988). Geomorfología en granitos in GUTIERREZ, M., PEÑA, J. L. (Ed.) *Perspectivas en Geomorfología*, M-2, S. E. G., págs. 37-46. Zaragoza.
- DERRUAU, M. (1978). Geomorfología. *Ed. Ariel*, 528 págs. Barcelona.
- DREWRY, D. (1986). Glacial geologic processes. *Ed. Arnold*, 276 págs. London.
- ENGELDER, T. (1989). Joints and shear fractures in rock. In ATKINSON, B. K. (1989). *Fracture mechanics of rock. Academic Press. Geology Ser.*, 27-69 págs. London.
- GAGNY, C., COTTARD, F. (1980). Proposition de signes conventionnelles pour le representation de certaines structures magmatiques acquises au cours de la mise en place et de la cristallisation. *105.º Cong. Nat. Soc. Sav.*, fasc. II, 37-50 págs.
- GARNER, H. F. (1974). The origin of landscapes. *Ox. Univ. Press*, 734 págs. New York.
- GODARD, A. (1977). *Pays et paysages du granite*. P. V. F., 232 págs. Paris.
- GREELEY, R., IVERSEN, J. D. (1985). Wind as a geological process on Earth, Mars, Venus and Titan. *Cambridge Univ. Press.*, 333 págs. Oxford U. K.
- GRENIER, M. P. (1968). Observations sur les taffoni du desert chilien. *Bull. Assoc. Geogr. Fran.*, v: 364-365, 193-211 págs.
- HIBBARD, M. J., WATTERS, R. J. (1985). Fracturing and diking in incompletely crystallized granitic plutons. *Lithos*, 18, 1-12.
- IGLESIAS, M., CHOUKROUNE, P. (1980). Shear zones in the Iberian Arc. *J. Struct. Geol.*, v. 2, n.º 1/2, 63-68.
- KLAER, W. (1956). Untersuchungen zur Klimagenetischen Geomorphologie im Granit auf Korsika. *Geogr. J.*, 33: 247-260.
- KVELBERG, I., POPOFF, B. (1937). Die Tafoni-Verwitterungserscheinung. *Acta. Univ. Latviensis. Kim. Fak.* Ser. IV, 6, 638 págs.
- MARTI, C., VIDAL ROMANI, J. R. (1981). Datos para el micromodelado en dos macizos de granitoides peninsulares. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 2, 265-273.
- MATSCHINSKY, M. (1954). Quelques considérations sur la théorie mathématique des taffoni. *Acad. naz. Lincei. send.* (Ser. 8), 16: 632-633, 731-734.
- MOLEN, van der. I., PATERSON, M. S. (1979). Experimental deformation of partially-melted granite. *Contr. Miner. Petr.*, 70: 299-318.
- PEDRAZA, J., SANZ, M. A., MARTIN, A. (1989). Formas graníticas de la Pedriza. *Pub. Agencia Mem. Amb. Com. Madrid*, 205 págs. Madrid.
- RAGIN, E. (1957). Géologie du granite. *Ed. Masson et Cie.*, 275 págs. Paris.
- THOMAS, M. F. (1978). The study of inselbergs. *Z. Geomorph. N. F., Suppl. Bd.*, 31, 1-41. Berlín.
- TWIDALE, C. R. (1982). Granite geomorphology. *Elsevier Scien. Pub. Comp.*, 372 págs. Amsterdam.
- TWIDALE, C. R. (1986). Granite landform evolution: factors and implication. *Geol. Rund.*, 75, 769-779.
- TWIDALE, C. R. (1989). The subsurface initiation of granitic landforms and implications for general theories of landscape evolution. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe* 13, 49-68.
- VIDAL ROMANI, J. R. (1983). El cuaternario de la provincia de La Coruña. *Geomorfología granítica. Modelos elásticos de formación de cavidades. Pub. Univ. Complut. Madrid*, 267 págs., Madrid.
- VIDAL ROMANI, J. R. (1984). Geomorfología granítica. Modelos elásticos de deformación posttectónica. *Mem. Not. e Pub. Mus. e Lab. Geol. Min. Univ. Coimbra*, 97, 143-158.
- VIDAL ROMANI, J. R. (1989). Granite geomorphology in Galicia, N. W. Spain. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 13, 89-163.
- VIDAL ROMANI, J. R., VILAPLANA, J. M., MARTI, C., SERRAT, D. (1983). Rasgos del micromodelado periglacial actual sobre zonas graníticas de los Pirineos Españoles (Panticosa, Huesca y Cavallers, Lleida). *Act. Geol. Hisp.*, 18, 1, 55-65.
- VIDAL ROMANI, J. R., BRUM, A., ZEZE, J., RODRIGUES, L., MONGE, C. (1989). Evolución cuaternaria del relieve granítico en la Serra de Gerês-Xurés (Minho, Portugal y Ourense, Galicia) (en prensa). *Cuaternario y Geomorfología*, 3.

Recibido, 10-III-90  
Aceptado, 20-VII-90

**TABLA 1 SECUENCIA GENETICA GENERAL PARA LAS FORMAS GRANITICAS**

	MATERIAL	PROPIEDADES	TIPO DE DEFORMACION	ESTRUCTURA	FORMAS	
<b>ETAPA ENDOGENA</b>	Material fluido viscoso	Fluido con características newtonianas	Deformación o plegamiento, (no siempre se conserva)	Estratificación Bandeado magmático	No hay formas	
	Magma fluido plástico	Fluido con características binghamianas	Fracturación hidráulica	Sills sin bordes	Nerviaciones Pseudopías	
	Roca con menos del 35% de fluidos	Sólido rígido plástico	Fracturación hidráulica	Sills con bordes	Partings	
	Roca con menos del 10% de fluidos	Sólido rígido	Rígido frágil en alto grado	Deformación dúctil	Formas uacías Heiroglyphs Fracturas sigmoidales Estructura bandeada Pseudobedding Fracturación poligonal	
	Roca seca	Sólido rígido	Sólido frágil	Diaclasa	Megaformas Microformas	
	Roca seca	Sólido rígido	Rígido elástico (dominio elástico)	Deformación por concentración de cargas	Tafone Uasque (via tectónica)	
<b>INTERFERENCIA CON EL DOMINIO SUBAERICO GENERACION DE LAS FORMAS GRABADAS</b>						
<b>ETAPA EXOGENA</b>	Roca seca	Sólido rígido	Elástica por concentración de tensiones	Deformación por concentración de cargas	Tafone Uasque (via edáfica)	
	<b>EMPLAZAMIENTO SUBAEREO DEL MACIZO ROCOSO</b>					
	<b>APARICION POR METEORIZACION DE LAS FORMAS PRIMARIAS ENDOGENAS</b>					
	Roca seca	Sólido rígido	Elástica por concentración de esfuerzos	Deformación por concentración de esfuerzos	Formas glaciares Formas eólicas Formas marinas Formas fluviales Formas térmicas	
	<b>APARICION DE LAS FORMAS PRIMARIAS EXOGENAS POR METEORIZACION DIFERENCIAL</b>					
	<b>ALTERACION EN EL DOMINIO SUBAEREO DEL MACIZO ROCOSO</b>					
	<b>DEGRADACION DE LAS FORMAS PRIMARIAS ENDOGENAS Y EXOGENAS POR ALTERACION SUBAEREA</b>					
	<b>APARICION DE LAS FORMAS SECUNDARIAS</b>					
	Roca	sólido rígida	No	No	Formas secundarias Doughnut rocoso Bloques sobreexcavados Rocas plinto Rocas pedestal Roca Taba Roca silla de montar Formas plato Formas en sillón	