

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## LOS DOMOS GRANÍTICOS DE LA CUENCA DEL RIDAURA (GIRONA)

Roqué, C. y Pallí, Ll.

Unitat de Geologia. Dept. Ciències Ambientals. Universitat de Girona.  
Hospital, 6. 17071 (Girona).

### RESUMEN

Se describen los domos graníticos de la cuenca del río Ridaura. Sus características geométricas se relacionan estrechamente con la disposición de las fracturas. Su génesis deriva de una fase subsuperficial, bajo un manto de alteración, presumiblemente desarrollada durante el Plioceno, y una fase de exhumación torrencial, que comprende desde el Plioceno terminal hasta la actualidad.

**Palabras clave:** Ridaura, domos graníticos, control estructural, manto de alteración, formas gravadas, exhumación

### ABSTRACT

This paper deals with the bornhardts of the Ridaura river area. Their geometrical characteristics are tightly related to the fracture system. These bornhardts evolve in two different stages: the first occurs under a regolith bed and develops during the Pliocene, and the later is an torrential stripping that extends from the latest Pliocene to the present.

**Key words:** Ridaura, bornhardts, structural control, regolith, etch forms, stripping

### INTRODUCCIÓN

Los domos o *bornhardts* son colinas cupuliformes limitadas por paredes lisas de roca desnuda. Se encuentran sobre distintos tipos de rocas graníticas y bajo condiciones climáticas diversas, por lo que algunos autores los consideran azonales (TWIDALE y MULLER, 1988; TWIDALE, 1989). Sin embargo, dado que los *bornhardts* mejor desarrollados aparecen en países tropicales, hay quien opina que son formas zonales (Pedraza *et al.*, 1989). En este último caso, los domos que se hallan en otras regiones del planeta han de ser formas heredadas de climas del pasado.

En la génesis de los *bornhardts* pueden diferenciarse dos etapas principales (TWIDALE y MULLER, 1988; TWIDALE, 1989). La primera consiste en la formación de un manto de alteritas a partir de la meteorización química de la roca, ocasionada por la circulación de agua a través de las fracturas preexistentes. Esta capa, cuyo espesor depende básicamente del clima, limita en profundidad con la roca inalterada mediante un contacto neto, en el que se desarrolla un relieve gravado. La geometría que presenta este relieve de

fondo varía según sea la distribución espacial de las fracturas. En las zonas en las que el agua no puede penetrar en la roca a través de la red de diaclasas, bien por que éstas se encuentran sometidas a compresión o por que su espaciado es muy grande, la meteorización progresa poco, generándose formas prominentes. Si estas formas están afectadas por fracturas de descamación (*sheet fractures*) (VIDAL ROMANÍ *et al.*, 1995; TWIDALE, 1982 y 1995) adquieren la geometría cupuliforme propia de los domos. En estas condiciones subsuperficiales los domos se han desarrollado ya con sus características típicas, aunque están recubiertos y envueltos por la masa de roca alterada.

La segunda etapa consiste en la erosión del manto de alteritas y la consiguiente exhumación de las formas dómicas modeladas en la superficie gravada. Generalmente los procesos erosivos responsables de la exhumación son fluviales y torrenciales y, en menor grado, eólicos, marinos y glaciales. Una vez que los *bornhardts* afloran en el exterior continúan evolucionando en función, sobre todo, de sus características litológicas y estructurales y de las condiciones climáticas imperantes.

Entre las dos etapas aludidas puede haber transcurrido un periodo de tiempo muy grande, de modo que la edad de estas formas es doble (TWIDALE, 1986 y 1989). Por una parte se puede aludir a la edad de su desarrollo bajo el manto de alteración, y por otro al momento en que han aflorado al exterior.

El objetivo de este trabajo es determinar las características geométricas de los domos graníticos de la cuenca del río Ridaura, así como establecer las relaciones entre éstas y la estructura de la roca en que se han modelado. Asimismo, se postula una hipótesis genética y cronológica de estas formas.

### ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Ridaura se sitúa en la parte centro-oriental de la provincia de Girona, en las comarcas del *Baix Empordà* y del *Gironès* (fig.1). Constituye la separación natural de los macizos de *Les Gavarres* y de *L'Ardenya*, localizados al norte y sur respectivamente, los cuales forman parte de la cordillera Costero Catalana. Las alturas máximas de la cuenca se sitúan en torno a los 500 m en su vertiente meridional (*Montagut*, 505 m) y en los 430 m en la septentrional (*Puig del Roquet*, 431 m). Su ubicación, al lado del mar, le confiere un clima suave, de tipo mediterráneo típico. La temperatura media anual es de 16°C. Los veranos son bastante cálidos y los inviernos templados. Las precipitaciones anuales alcanzan los 700 mm de media, repartiéndose en dos máximos, uno en otoño y otro en primavera. El verano y el invierno son secos.

Ocupa una superficie total de 75,5 km<sup>2</sup>, en su mayoría constituida por distintas variedades de granitoides paleozoicos posthercínicos (PALLÍ, 1980 y 1985). En la vertiente sur afloran granodioritas de tamaño de grano grueso y leucogranitos de grano medio y grueso, mientras que en la norte, aparecen granodioritas de grano grueso y leucogranitos de grano fino. La distribución de estas rocas determina una gran asimetría transversal en las vertientes del curso bajo del Ridaura, impuesta por el fuerte relieve del sector septentrional, asociado a los granitos de grano fino, que contrasta con las formas suaves de los granitoides de grano medio y grueso del sector meridional.

Los granitoides están atravesados por una red de diques de rocas

filonianas de escasa potencia, cuya composición varia desde términos muy básicos hasta muy ácidos. También afloran pequeños retazos de rocas metamórficas afectadas por la intrusión de las masas ígneas.

En medio de la cuenca, partiéndola en dos, se extiende el valle de Aro, relleno de sedimentos cuaternarios procedentes de los relieves circundantes. Este valle es una pequeña fosa tectónica alargada, orientada de oeste a este, que se interpone entre las montañas de *L'Ardenya* y *Les Gavarres*. Su origen se debe a la fase distensiva neógena que afectó el margen mediterráneo y que cuarteó los materiales de esta zona en las direcciones principales ENE-OÑO a NNE-SSO y NO-SE a NNO-SSE (PALLÍ y ROQUÉ, 1995). Cabe señalar que algunas de estas fracturas se generaron en las fases distensivas hercínicas, y que después se movilizaron durante el neógeno.

Los domos graníticos se sitúan en la vertiente meridional de la cuenca, agrupados en dos conjuntos principales: uno, en las inmediaciones del monasterio de Solius (foto 1) y otro, los denominados *Carcaixells* (foto 2), a unos dos kilómetros al sur de esta localidad. Otros relieves dómicos, más aislados, se distribuyen hacia el este, por espacio de unos siete kilómetros (fig.2). Cabe destacar que en las cuencas de las *Rieres de Sant Feliu de Guíxols* y de *Sant Pol*, contiguas a la del Ridaura, asoman otras formas dómicas, las cuales constituyen una agrupación notable en los alrededores del *Turó de Gustinói* (PALLÍ, 1978).

### CARACTERÍSTICAS DE LOS DOMOS

La mayoría de los domos aflorantes se han modelado en leucogranitos de tamaño de grano grueso a medio; sólo unos pocos aparecen en leucogranitos de grano medio a fino (*Roca Tosa*, foto 3), siendo esta última variedad litológica mucho más resistente a la meteorización que la anterior. No existe, en esta zona, ningún ejemplo de estas formas desarrollado en granodioritas, como los descritos en el vecino macizo de *Les Gavarres* (ROQUÉ y PALLÍ, 1994a y b).

En general son domos de planta elíptica, con dimensiones máximas de 130 m de longitud por 80 m de amplitud. Presentan alzados tanto simétricos como asimétricos. Su altura no sobrepasa los 50 m. Los frentes son campaniformes (foto 4) y los flancos cupuliformes y en casquete, según la clasificación de PEDRAZA *et al.* (1989). A veces se encuentran asociados, constituyendo domos complejos de base irregular.

La distribución en planta de estas formas se acomoda perfectamente a los espacios delimitados por el sistema de fracturas subverticales que compartimentan el macizo granítico. Este hecho es especialmente apreciable en las agrupaciones de la zona de Solius (fig.3), de *Els Carcaixells* y del *Turó de Gustinói*. La red de diaclasas de los afloramientos rocosos situados entre los domos presenta un espaciado inferior a los 0,10 m. En estas zonas la roca está fuertemente alterada.

El espaciado de las fracturas en los domos supera los 0,25 m. En ellos, las diaclasas subhorizontales y las de inclinación media, a veces ligeramente curvadas, predominan sobre las subverticales. Localmente, las diaclasas subhorizontales y las de inclinación media y fuerte se cortan mutuamente. Las paredes de los domos se adaptan a la disposición general del sistema de diaclasas (fig.4).

## GÉNESIS DE LOS DOMOS

Los domos de Solius afloran justo por debajo de la superficie de erosión, ligeramente inclinada hacia el oeste, de *Can Tallades*, la cual está situada a una cota que oscila entre 220 y 140 m. Más allá del valle del Ridaura, esta superficie enlaza sin dificultad con los glaciares de erosión de Cassà de la Selva y de Llagostera (LLOPIS *et al.*, 1953; PALLÍ, *et al.*, 1985; ROQUÉ y PALLÍ, 1994b), también inclinados hacia el oeste y situados en el mismo intervalo de cotas. Éstos limitan transicionalmente con la depresión tectónica de la Selva, cuyo hundimiento se produjo durante el Mioceno superior. Dado que los glaciares se modelaron sincrónicamente a la sedimentación de los depósitos de arcillas que rellenan la depresión de la Selva (LLOPIS *et al.*, 1953), su edad debe situarse en el Plioceno superior.

Inicialmente, todo este conjunto de glaciares de erosión formaban una única superficie. Hoy en día, como consecuencia del fuerte encajamiento de la red de drenaje del Ridaura ha quedado reducida a un conjunto de planicies aisladas. La intensa erosión remontante de estos torrentes empezó a partir del hundimiento de la *Vall d'Aro* en el Plioceno. Esta dinámica erosiva, que sigue activa hoy en día, permitió que los afluentes del Ridaura capturaran, en diferentes momentos del Cuaternario, distintos afluentes del río Onyar (que drenan la depresión de la Selva) hasta adquirir una forma curvada muy acentuada (PALLÍ, 1966).

En las zonas donde los glaciares se han excavado sobre granitoides aparece, independientemente de la variedad litológica, un manto de alteración de una decena de metros de espesor. Su edad es posterior al hundimiento de la fosa de la Selva (Mioceno superior), ya que no está desnivelado por las fracturas alpinas. Por otra parte, es posible que sea anterior a los glaciares, puesto que éstos se formaron al mismo tiempo que los niveles de arcillas, cuyo origen deriva de la erosión de granitoides alterados. Además, este manto ha de ser anterior al encajamiento cuaternario de la red de drenaje del Ridaura, porque sus torrentes los cortan sensiblemente. Así, la edad de este manto de alteración ha de situarse en el Plioceno.

La *Riera de Santa Agnès* o *Dalmaua*, afluente del Ridaura, se excava en la superficie de *Can Tallades*, dejando al descubierto el frente de alteración y un conjunto de domos, que denominamos de Solius, desarrollados en la base del mismo. La exhumación de estas formas, iniciada a finales del Plioceno, persiste en la actualidad, pues se observan diversos domos nacientes que emergen por debajo del manto de granito alterado (fig.5). Las cimas de los domos de esta zona se sitúan en un estrecho intervalo de cotas, que oscila entre los 200 y los 165 m. Los de menor alzado, que a su vez presentan flancos en casquete y en cúpula rebajada, se localizan preferentemente en la parte alta de la vertiente. Los de mayor alzado, que son también los que presentan frentes campaniformes y flancos cupuliformes mejor desarrollados, se localizan, en cambio, en la parte media de la vertiente (foto 5).

Los domos situados al este del conjunto de Solius presentan unas cimas ligeramente más bajas, comprendidas entre los 150 m de altura en el caso de los más cercanos (*Castell de Solius*, foto 6; *Roca Rodona*), y los 125 m (*Turó de Gustinoi*) en el de los más alejados. Únicamente la llamada *Roca Tosa* (178 m) rompe esta disposición general de decrecimiento de altura en dirección este.

Hay que hacer constar, como ya se ha dicho anteriormente, que la naturaleza litológica de este domo (leucogranito de grano medio a fino) es mucho más resistente que la de los otros. Es posible que todos estos domos esten relacionados genéticamente con los de Solius, habiendo sido exhumados en las fases iniciales de encajamiento de la red de torrentes del Ridaura.

El conjunto de domos de *Els Carcaixells* se sitúa topográficamente por encima de todos los anteriores. A nivel de detalle, en este conjunto pueden establecerse dos agrupaciones: una cuyas cimas se distribuyen entre los 280 y los 340 m; y otro en torno a los 240 m (*Roca Rodona d'en Cama*). La relación de estos domos con la superficie de los glaciares de erosión es difícil de establecer, sin embargo, la parte alta de estos *bornhardts* se encuentra justo por debajo de un plano imaginario trazado desde la superficie de Can Tallades hacia ellos. Es posible que correspondan a relieves de fondo desarrollados al mismo tiempo que los de Solius, pero exhumados mucho antes que ellos.

### CONCLUSIONES

Las características geométricas de los domos de la cuenca del Ridaura se deben a la distribución de las fracturas que compartimentan el macizo granítico. Así, la red de fracturas determina tanto su distribución en planta como la forma de sus paredes.

Desde un punto de vista genético, el desarrollo de estos domos consta de dos fases principales. Durante la primera se produjo una intensa meteorización de la roca, formándose un manto de alteritas en cuyo fondo se modelaron los relieves dómicos. Esta fase se produjo con posterioridad al hundimiento de la fosa de la Selva, seguramente durante el Plioceno. La erosión parcial de este manto dió lugar a los depósitos de arcillas que rellenan la depresión de la Selva. Posteriormente, en la segunda fase, la erosión remontante de la red de drenaje de la cuenca del Ridaura exhumó estos relieves de fondo. En un estadio inicial afloraron en superficie los domos de *Els Carcaixells* y los más cercanos al mar, y posteriormente, lo hicieron los de la zona de Solius, donde este proceso continúa activo hoy en día.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LLOPIS, N.; RIBERA, J.; CASTELLS, J. (1953): Mapa geológico de España, hoja 366, San Feliu de Guíxols. Escala 1:50.000.
- PALLÍ, L. (1966): La evolución del Ridaura. *Ancora*, 966: 13 - 14.
- PALLÍ, L. (1978): Mapa geològic de Sant Feliu de Guíxols. Escala 1:10.000, Ed. Col. Univ. de Girona.
- PALLÍ, L. (1980): Mapa geològic de Castell - Platja d'Aro. Escala 1:10.000, Ed. Col. Univ. de Girona.
- PALLÍ, L. (1985): Mapa geològic de Santa Cristina d'Aro. Escala 1:10.000, Ed. Col. Univ. de Girona.
- PALLÍ, L.; TRILLA, J.; ESTALRICH, J. (1985): Mapa morfològic de la conca del Ridaura. Escala 1:25.000, Ed. Col. Univ. de Girona.
- PALLÍ, L.; ROQUÉ, C. (1995): Cartografia geoambiental de la conca del riu Ridaura (Baix Empordà, Girona). Col. *Dialogant amb les Pedres* (3), 52 p.
- PEDRAZA, J.; SANZ, M.A.; MARTÍN, A. (1989): *Formas graníticas de La Pedriza*. Agencia de Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de Madrid, 205 p, Madrid.

- ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. (1994a): Las formas graníticas del macizo de Les Gavarres y de Begur (Girona). En: *Geomorfología en España*, (J. Arnáez, J.M. García Ruiz y A. Gómez Villar, Eds), Sociedad Española de Geomorfología, T.I, 85 - 90, Logroño.
- ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. (1994b): Geología del massís de les Gavarres. *Estudis del Baix Empordà* (13): 5 - 98.
- TWIDALE, C.R. (1982): *Granite Landforms*. Elsevier, 372 p, Amsterdam.
- TWIDALE, C.R.; MULLER, J.E. (1988): Etching as a process of landform development. *Professional Geographer*, 40 (4): 379 - 391.
- TWIDALE, C.R. (1986): Granite landform evolution: Factors and implications. *Geologische Rundschau*, 75 (3): 769 - 779.
- TWIDALE, C.R. (1989): La iniciación subsuperficial de las formas graníticas y sus implicaciones en las teorías generales de evolución del paisaje. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 13: 49 - 68.
- TWIDALE, C.R. (1995): *Bornhardts, Boulders and Inselbergs*. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 20: 347 - 380.
- VIDAL ROMANÍ, J.R.; TWIDALE, C.R.; CAMPBELL, E.M.; CENTENO, J.D. (1995): Morphological and structural evidences concerning the origin of sheet fractures. *Cuadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 20: 307 - 346.

### Pies de Figura

Figura 1. Situación geográfica de la zona estudiada. Leyenda: a, red de drenaje. b, límite de cuenca. c, línea de costa. d, carretera. e, poblaciones. 1, Solius. 2, Santa Cristina d'Aro. 3, Castell d'Aro. 4, Platja d'Aro. 5, Sant Feliu de Guíxols.

Figura 2. Esquema morfológico de la cuenca del río Ridaura. Leyenda: 1, superficie de glaciares de erosión. 2, superficie subhorizontal. 3, cono de deyección. 4, llanura aluvial. 5, depósitos litorales. 6, límite de materiales. 7, domo granítico. 8, zona de salientes rocosos. 9, resalte rocoso. 10, escarpe. 11, torrente. 12, valle de fondo en V. 13, curso de agua encajado. 14, acantilado. Agrupaciones de domos: A, Solius. B, Carcaixells. C, Roca Rodona. D, Roca Tosa. E, Roques d'en Donat. F, Turó de Gustinói.

Figura 3. Relaciones entre la distribución de los domos y las fracturas en la zona de Solius. Leyenda: a, fractura. b, límite de la superficie de glaciares de *Can Tallades*. c, superficie de *Can Tallades*. d, domo granítico.

Figura 4. Relación entre la disposición de las diaclasas y la forma de las paredes del domo de *Roques Bessones* (Solius).

Figura 5. Disposición de los domos de Solius en la vertiente que corta la superficie de *Can Tallades*.

Foto 1. Domo compuesto de *Roques Bessones*, integrante del conjunto de domos de Solius. En segundo plano se observa la fosa tectónica de la *Vall d'Aro*, que se interpone entre los macizos de *L'Ardenya* (a la derecha) y *Les Gavarres* (a la izquierda).

Foto 2. Conjunto de domos de *Els Carcaixells*.

Foto 3. Domo de la *Roca Tosa*.

Foto 4. Domo de frente campaniforme (*Roca Rodona d'en Cama*).

Foto 5. Agrupación de domos por debajo de la superficie de *Can Tallades*. A la izquierda destaca la llamada *Roca Ponsa*.

Foto 6. Domo de flanco cupuliforme sobre el que se asienta el castillo de Solius.













