

Estructuras relacionadas con el emplazamiento de la granodiorita de la sierra de Collserola en la aureola de contacto (Cadena Costera Catalana).

Emplacement-related structures of the Collserola granodiorite in the contact aureole (Catalan Coastal Range).

J. Soler¹, G. Alías¹ y C. Aguilar¹

¹ Dpt. Geoquímica, Petrología i Geologia Aplicada, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. julsi.soler@gmail.com; galias@ub.edu; carmenmaguilar@ub.edu

Resumen: El batolito de la Cadena Costera Catalana, compuesto por numerosos plutones de composiciones muy variadas, que van desde términos más ultramáficos a leucocráticos, intruye en rocas de edad Paleozoica a diferentes niveles estructurales. En la parte central de este batolito, en la cadena litoral, en la sierra de Collserola (Barcelona), aflora un pequeño cuerpo de granodiorita biotítica con una aureola de contacto asociada de unos 1200 m que afecta a las rocas encajantes de edades ordovícica y silúrica. Este estudio presenta datos novedosos acerca de los mecanismos de emplazamiento de dicha granodiorita, basados en la caracterización estructural y petrográfica de las hornblendas y filitas moteadas, así como el cálculo de las condiciones de P-T obtenidas a partir del programa Theriak-Domino. La presencia de pliegues de borde (*fold rims*) de la foliación varisca (S_1) en el contacto con la granodiorita, así como la presencia de pliegues de crenulación (S_2) asociados, y un metamorfismo de contacto precoz a coetáneo a esta deformación D_2 sugiere que, durante el ascenso del magma, la roca encajante se acortó por expansión lateral permitiendo el emplazamiento del plutón a unos 2-4,2 km de profundidad, y una temperatura máxima de 540-745°C.

Palabras clave: metamorfismo de contacto, aureola tectónica, Collserola, Cadena Costera Catalana.

Abstract: The batholith of the Catalan Coastal Range, composed of numerous plutons of very varied compositions, ranging from more ultramafic to leucocratic terms, intrudes into rocks of Paleozoic age at different structural levels. In the central part of this batholith, in the pre-littoral chain, in the Collserola mountain range (Barcelona), a small body of biotite granodiorite outcrops with an associated contact aureole of about 1200 m that affects the host rocks of Ordovician and Silurian ages. This study presents innovative data about the emplacement mechanisms of the granodiorite, based on the structural and petrographic characterization of the hornfels and mottled phyllites, together with the calculation of the P-T conditions obtained from the Theriak-Domino software. The presence of folds rim of the Variscan foliation (S_1) in contact with the granodiorite, as well as the presence of crenulation folds (S_2) associated, and a contact metamorphism prior to coeval to this deformation D_2 suggest that, during the rise of the magma, the host rock was shortened by lateral expansion allowing the emplacement of the pluton at a depth of about 2-4,2 km and a maximum temperature of 540-745°C.

Key words: contact metamorphism, aureole tectonics, Collserola, Catalan Coastal Range

INTRODUCCIÓN

Las aureolas de metamorfismo de contacto desarrolladas en torno a intrusiones ígneas en la corteza continental han sido motivo de estudio a lo largo de mucho tiempo. Aunque tienen una extensión limitada, las rocas de las aureolas de contacto registran aspectos transitorios de las condiciones regionales, como perturbaciones térmicas y estructurales durante el emplazamiento y enfriamiento de la intrusión (Paterson, et al., 1991). Los mecanismos que hacen posible la intrusión de grandes cuerpos graníticos en la corteza superior siguen siendo motivo de debate. Sin embargo, existen estudios de las rocas encajantes que demuestran que estas experimentan cambios a escala regional (fracturación, pliegues) a causa del crecimiento vertical y lateral de los plutones (Paterson y Farris, 2008; Festa et al., 2013). Esta deformación es especialmente patente si las rocas presentan estructuras preexistentes, como

foliaciones o estratificación, que se pliegan adyacentes al plutón con ejes de pliegues concordantes al contacto intrusivo. Esta deformación consiste en monoclinales o sinformales de borde que pueden estar acompañados del desarrollo de hendiduras o microcrenulaciones (He et al., 2009). Esta zona de deformación, denominada aureola tectónica, puede ocupar extensiones de más de 3000 m.

En la cadena litoral de la Cadena Costera Catalana, afloran importantes cuerpos de rocas intrusivas del Carbonífero-Pérmico con una aureola de contacto asociada, que se encuentra expuesta muy restringidamente en la sierra de Collserola, en el macizo del Montnegre, en las Gavarres y algunos sectores de la Costa Brava. El conocimiento sobre la aureola de contacto en esta zona es muy limitado, y se centra únicamente en la sierra de Collserola (Fig. 1a; Gil Ibarra y Julivert, 1988). En todos los trabajos previos se hace referencia a las estructuras tectónicas de edad

varisca y a la relación temporal con el metamorfismo de contacto, que lo sitúan post-foliación regional y previo a fases deformativas tardías. Sin embargo, más recientemente, Alías et al. (2022) señalan de forma preliminar que las condiciones de clímax del metamorfismo de contacto se sitúan en torno a los 0,25-2,5 kbar y 560-690°C, y que podría ser coetáneo al menos con alguna de las fases deformativas tardías.

Este trabajo pretende aportar más información sobre las relaciones temporales entre el magmatismo-metamorfismo-deformación para entender mejor las condiciones de emplazamiento de la granodiorita de la sierra de Collserola.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La Cadena Costera Catalana se localiza al NE de la Península Ibérica y corresponde a sistema de horsts y grabens, de dirección NE-SW paralelos a la costa, configurados durante la compresión paleógena y la

extensión neógena. La sierra de Collserola se halla en el horst de Garraf-Montnegre, en la parte alta de la ciudad de Barcelona, y está limitada por la falla normal de Collserola (Fig. 1a). La mayor extensión de la sierra está ocupada predominantemente por una secuencia estratigráfica del Paleozoico (Cámbrico-Ordovícico-Carbonífero), que ha sido atribuida al margen pasivo del norte de Gondwana a partir del estudio geoquímico y de isotopía Sm-Nd (Vilà y Pin, 2016). Todos estos materiales fueron afectados por diversas fases de deformación y un metamorfismo regional de grado bajo durante la orogenia varisca. Posteriormente, fueron intruidos por una granodiorita de grano medio constituida por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y en menor proporción hornblenda, que aflora de manera muy limitada en la falda de la sierra. Alrededor de la granodiorita se desarrolla una aureola de contacto de unos 1200 m estimada a partir del corte geológico. En la zona de estudio afloran únicamente pelitas del Ordovícico y una potente intercalación de rocas volcánicas derivadas de composición básicas (Fig. 1b).

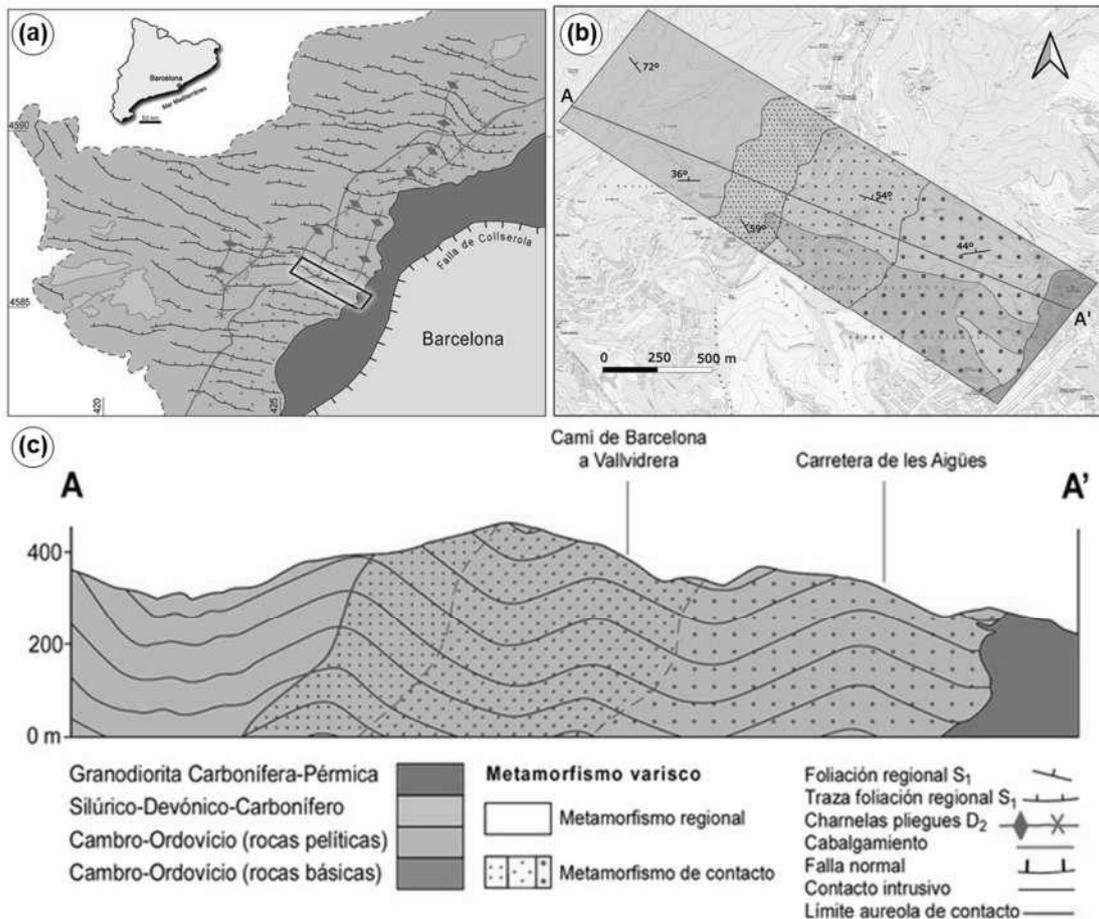


FIGURA 1. (a) Mapa geológica de la sierra de Collserola con la localización de la zona de estudio. Modificado de Vilà y Pin (2015). (b) Mapa geológico esquemático del sector central de la aureola de contacto. (c) Corte geológico esquemático del sector central de la aureola de contacto.

FASES DEFORMATIVAS

En la zona de estudio se reconocen tres fases deformativas. La primera fase (D_1) se caracteriza por el desarrollo de una foliación regional penetrativa (S_1) de dirección NW-SE y un buzamiento medio de 50° hacia el NE, que es plano axial de pliegues isoclinales de la

estratificación. La segunda fase (D_2) genera un sistema de pliegues abiertos de dirección NE-SW vergentes hacia el SW con micropliegues y un clivaje de crenulación asociados (S_2). Una tercera fase deformativa D_3 da lugar a pliegues tipo kink o chevron de dirección NNW-SSE y buzamiento de 75° al NNE.

A partir del mapa y del corte geológico se observa que el contacto intrusivo corta la foliación regional S_1 y que los pliegues de D_2 tienen longitudes de onda variable entre 0,5 a 2 km y sus ejes discurren aproximadamente paralelos a la intrusión (Fig. 1b).

PETROGRAFÍA

Las rocas de fuera de la aureola corresponden a filitas, con intercalaciones más cuarcíticas, que presentan la asociación mineral moscovita de grano muy fino, clorita, cuarzo y feldespato. En lámina delgada, las micas siguen una orientación preferente paralela a la S_1 , que se interpreta que crecieron durante la fase D_1 en facies de los esquistos verdes (Fig. 2a). En la aureola de contacto se han distinguido tres zonas atendiendo a la textura de las rocas: una aureola externa determinada por filitas moteadas, una aureola interna caracterizada por cornubianitas moteadas, y entre ambas una zona de tránsito. Las rocas de la aureola externa y zona de tránsito están constituidas por biotita, moscovita, cordierita y

cuarzo, mientras que las de la aureola interna presentan localmente feldespato potásico en lugar de moscovita. La *moscovita* está alineada según la S_1 (0,1 mm) o decusada (0,3 mm), pero deformada por las fases D_2 y D_3 . La *biotita* se dispone mimética a la foliación S_1 (0,1 mm), aunque mayormente se encuentra al azar (0,3 mm) y plegada por la fase D_2 en toda la aureola. Algunas biotitas están orientadas preferentemente en los planos axiales de los pliegues D_2 . La *cordierita* es poiquiloblástica, forma cristales ovalados de 1 a 3 mm y es responsable del moteado de la roca (Fig. 2b-c). Crece mimética en los planos de S_1 , aunque está decusada sobre ellos, corta la foliación S_1 , y contiene trazas de la foliación S_1 en su interior (Si/S_1). Esta Si/S_1 suele ser recta, aunque en algunos casos se observa que en los bordes está ligeramente plegada según los pliegues D_2 . Algunas cordieritas están claramente deformadas por la D_2 , mientras que en las cornubianitas se ha distinguido además una nueva generación de cordieritas idiomórficas macladas, que incluyen pequeñas biotitas paralelas a la D_2 (Fig. 2d).

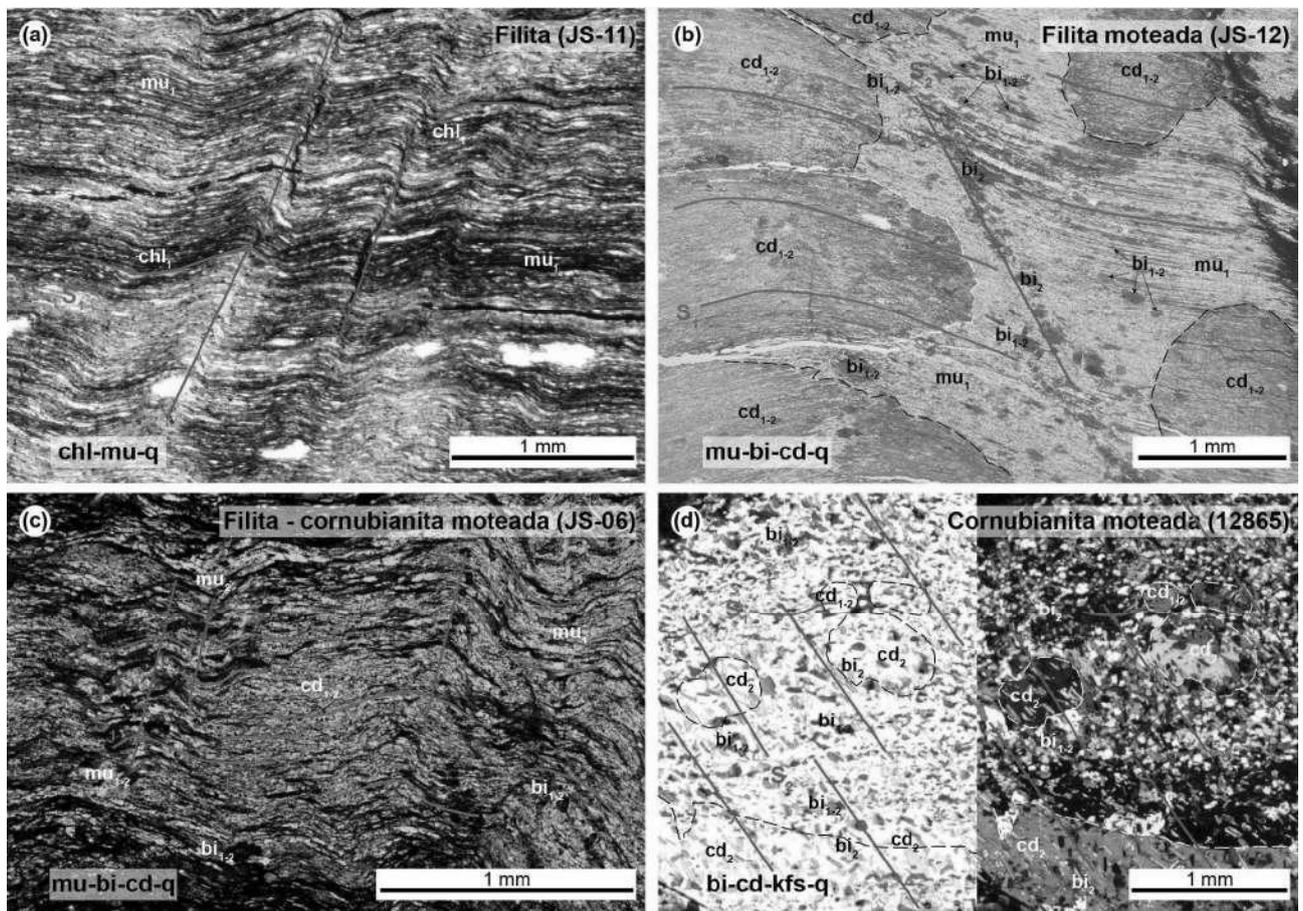


FIGURA 2. Aspecto microscópico de diferentes rocas pelíticas observadas fuera y dentro de la aureola de contacto de la sierra de Collserola y su asociación mineral y las fases deformativas observadas: (a) filita de fuera de la aureola con clorita (chl), moscovita (mu) y cuarzo (q), (b) filita moteada de la zona externa de la aureola con moscovita (mu), biotita (bi), cordierita (cd) y cuarzo (q), (c) tránsito de filita moteada a cornubianita moteada y (d) cornubianita moteada de la zona interna de la aureola con biotita (bi), cordierita (cd), feldespato potásico (kfs) y cuarzo.

MODELIZACIÓN TERMODINÁMICA

Con el objetivo de determinar las condiciones de presión (P) y temperatura (T) máximas alcanzadas en la aureola interna, se ha calculado una pseudosección a partir de la composición de roca total de la cornubianita

moteada 12865 (Fig. 2d). La pseudosección está calculada con H_2O en exceso y con un valor estimado de Fe_2O_3 alrededor de 0,11, ya que, según las observaciones de microscopio, la asociación mineral modelizada incluye solo ilmenita, mientras que el rutilo y la magnetita son ausentes. La composición utilizada en este

diagrama en moles por cien es SiO₂: 65,34; Al₂O₃: 12,99; FeO: 7,42; Fe₂O₃: 0,11; MgO: 5,55; CaO: 1,56; Na₂O: 3,28; K₂O: 2,85 y TiO₂: 0,91.

La asociación mineral biotita, cordierita, feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo e ilmenita de la cornubianita moteada se encuentra en el campo de estabilidad que comprende entre 0,25 y 2,9 kbar y 540-745°C. Sin embargo, estas rocas no presentan aluminosilicatos, interpretando que las rocas vienen del campo de estabilidad situado a más baja temperatura y con una P limitada de 0,54 a 1,15 kbar. De acuerdo con esto, se establece que las rocas han seguido una trayectoria isobárica (Fig. 3).

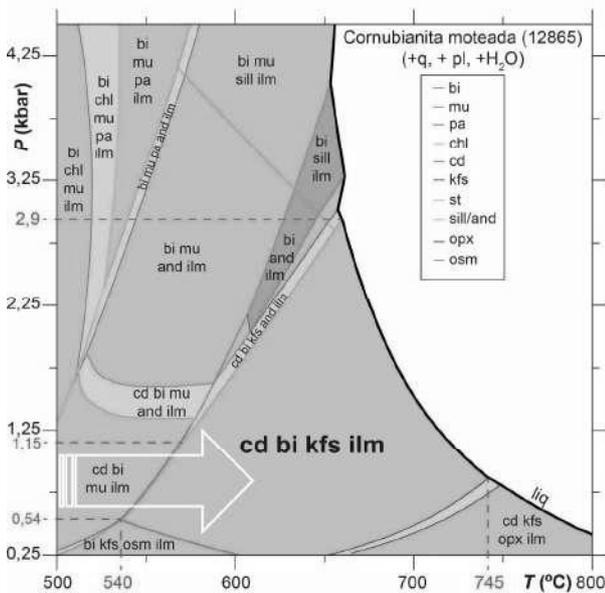


FIGURA 3. Diagrama de presión (P) y temperatura (T) calculado para la composición de una cornubianita moteada (12865) de la zona interna de la aureola de contacto de la sierra de Collserola en un sistema químico NCKFMASHTO. El solidus está subrayado por una línea negra gruesa y la flecha blanca indica la trayectoria isobárica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio estructural de la aureola de contacto de la granodiorita de la sierra de Collserola ha permitido reconocer la presencia de pliegues de borde, anticlinales y sinclinales, en las rocas encajantes adyacentes a la intrusión, a lo largo de una aureola tectónica de unos 6 km. Estos pliegues deforman la foliación regional (S₁) y tienen asociado un clivaje de crenulación (S₂). El paralelismo de las charnelas de los pliegues D₂ con el contacto intrusivo sugiere una relación temporal entre ambos. En este sentido el crecimiento de placas de biotita y porfiroblastos de cordierita post-D₁/pre-D₂ y sin-D₂ indica que el metamorfismo de contacto es coetáneo a precoz a la D₂ y, por consiguiente, la intrusión está relacionada temporalmente con la fase deformativa D₂.

Los datos termobarométricos han puesto de manifiesto que el emplazamiento del magma tuvo lugar entre 2 y 4,2 km, profundidades relativamente someras de la corteza continental superior, donde rigen procesos

de deformación frágil. Sin embargo, la temperatura alcanzada, entre 540-745°C, facilita la deformación de tipo dúctil de las rocas. La presencia de pliegues de borde es un hecho de observación en otras áreas orogénicas del cinturón varisco (Festa et al., 2013) y está relacionada con la generación de espacio necesario para la instalación del magma. Los pliegues pueden responder a: 1) un componente de movimiento vertical responsable del arrastre de la fábrica dominante dando lugar a sinformales, anticlinales o monoclinales de borde (He et al., 2009; Paterson y Farris, 2008), y/o 2) un componente de expansión lateral ligado a la fuerza del emplazamiento con el consecuente acortamiento de las rocas encajantes (Festa et al., 2013), dando lugar a una serie de sinformes y antiformes. Los resultados de este trabajo apuntan que el mecanismo de emplazamiento de la granodiorita de la sierra de Collserola tuvo lugar por expansión lateral.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al grupo de recerca GEOXiS. Las autoras agradecen a Pep Agulló la digitalización de los cortes y mapas, y a los revisores.

REFERENCIAS

- Alías, G., Aguilar, C., Liesa, M., Aulinas, M. y Vilà, M. (2022): L'aureola de metamorfisme de contacte de la part central de la granodiorita de Barcelona (Serra de Collserola). En: *Geologia de la ciutat de Barcelona: coneixements, condicionants i aprofitaments d'una zona urbana complexa*. (M. Vilà, ed.). Monografies tècniques 11, ICGC, 45-64.
- Festa, V., Caggianelli, A., Langone, A. y Prosser, G. (2013): Time-space relationships among structural and metamorphic aureoles related to granite emplacement: a case study from the Serre Massif (southern Italy). *Geological Magazine*, 150: 441-454.
- Gil Ibarguchi, J.I. y Julivert, M. (1988): Petrología de la aureola metamórfica de la granodiorita de Barcelona en la Sierra de Collserola (Tibidabo). *Estudios geológicos*, 6: 105-114.
- He, B., Xu, Y. y Paterson, S. (2009): Magmatic diapirism of the Fangshan pluton, southwest of Beijing, China. *Journal Structural Geology*, 31: 615-626.
- Paterson, S.R. y Farris, D. (2008): Downward host rock transport and the formation of rim monoclines during the emplacement of Cordilleran batholiths. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 97: 397-413.
- Paterson, S.R., Vernon, R.H. y Fowler, T.K. (1991): Aureole tectonics. En: *Contact Metamorphism* (D.M. Kerrick, ed.). Reviews in Mineralogy 26. Washington: Mineralogical Society of America, 673-722.
- Vilà, M. y Pin, C. (2016): Geochemistry and Nd isotope signature of the Collserola Range Palaeozoic succession (NE Iberia): Gondwana heritage and pre-Mesozoic geodynamic evolution. *Geological Magazine*, 153: 643-662