

Petrología y geoquímica de la ofiolita neoproterozoica de Bou Azzer (Marruecos)

Núria Pujol-Solà (1,2*), Antonio García-Casco (2,3), Joaquín A. Proenza (1), Faouziya Haissen (4), Helena Escalona (1), Diego Domínguez-Carretero (1), Moha Ikenne (5), Lhou Maacha (6), Aitor Cambeses (2), Ricardo Arenas (7), Sonia Sánchez Martínez (7)

(1) Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada. Universitat de Barcelona, 08028, Barcelona (España)

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada, 18071, Granada (España)

(3) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-UGR, E-18100, Armilla, Granada (España)

(4) LGAGE, Département de Géologie. Université Hassan II, Casablanca (Marruecos)

(5) LAGAGE. Ibn Zohr University, Agadir (Marruecos)

(6) MANAGEM Group. Massira Alkhadra, Twin Center Tour, A-20100 Casablanca (Marruecos)

(7) Departamento de Mineralogía y Petrología e Instituto de Geociencias (UCM, CSIC). Universidad Complutense, 28040, Madrid (España)

* corresponding author: npujolsola@gmail.com

Palabras Clave: Inicio de subducción, Antearco, Neoproterozoico, Cromitita. **Key Words:** Subduction-initiation, Forearc, Neoproterozoic, Chromitite.

INTRODUCCIÓN

Las ofiolitas son fragmentos de litosfera oceánica fósil conformados por rocas mantélicas y corticales, que han sido emplazadas por procesos tectónicos sobre un margen continental o arco volcánico. Éstas se pueden formar en distintos contextos geodinámicos asociados con la apertura y cierre de cuencas oceánicas, como en dorsales oceánicas, cuencas de antearco y trasarco asociadas con arcos intraoceánicos y mesetas oceánicas asociadas con un penacho térmico o pluma mantélica (Dilek & Furnes, 2014). La caracterización de los procesos petrogenéticos y tectónicos asociados a la formación de las ofiolitas ofrece una ventana directa para entender la geodinámica terrestre, los procesos mantélicos y las condiciones paleotectónicas de la Tierra en la historia geológica. Aunque las ofiolitas Precámbricas son relativamente comunes en el registro geológico (ver Furnes et al., 2015; Pujol-Solà et al., 2021), la mayoría están muy alteradas y/o metamorfizadas, siendo difícil caracterizar los procesos magmáticos primarios.

En el *inlier* de Bou Azzer (Anti-Atlas, Marruecos) se encuentra una secuencia ofiolítica Neoproterozoica completa, aunque desmembrada, que incluye de techo a muro: rocas volcánicas, un complejo de diques, gabros isotrópicos, gabros bandeados, cumulados ultramáficos y peridotitas muy serpentinizadas (Leblanc, 1972; Bodinier et al., 1984). Todas las litologías presentan deformación y metamorfismo de grado variable. Asociados a la ofiolita de Bou Azzer se han encontrado depósitos de cromita encajados en rocas ultramáficas serpentinizadas. Aunque la formación de la ofiolita se ha asociado a una zona de suprasubducción (SSZ), existe aún controversia sobre su formación en contexto de antearco o de trasera de arco (Arenas et al., 2020; Hodel et al., 2020), sobre la edad (c. 759 Ma: Hodel et al., 2020 vs. c. 697 Ma: El Hadi et al., 2010), o sobre el metamorfismo. Por todo lo anterior, Bou Azzer representa una zona única para realizar estudios exhaustivos de las diferentes litologías y así entender la dinámica de zonas de subducción en el Precámbrico. El objetivo principal de esta contribución es presentar una caracterización petrológica y geoquímica de la ofiolita de Bou Azzer que permitirá entender mejor su contexto tectonomagmático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este trabajo se han realizado análisis de roca total de 50 muestras de la secuencia ofiolítica en el Centro de Instrumentación Científica (CIC) de la UGR. También se han estudiado 70 láminas delgadas y se han hecho análisis de química mineral con la microsonda de los Centros Científicos i Tecnològics de la UB (CCiTUB).

Secuencia mantélica

Con un espesor de unos 3 km, las rocas ultramáficas serpentinizadas, generalmente serpentinitas s.s., son la litología principal en la ofiolita de Bou Azzer. Estas peridotitas mantélicas están completamente alteradas pero conservan texturas relictas y núcleos inalterados de Cr-espínela ($\#Cr[Cr/(Cr+Al)]=0,61-0,71$ y $< 0,1$ % en peso de TiO_2) con

bordes de alteración de Cr-espinela rica en Fe^{3+} y magnetita. Las composiciones de la Cr-espinela relicta indican altos grados de fusión parcial, similar al que registran las peridotitas empobrecidas de la región de antearco de arcos intraoceánicos, lo cual está de acuerdo con patrones de elementos de las tierras raras (REE) normalizados a condrito con forma de U, que son similares a los de peridotitas de antearco actuales. Las serpentinitas incluyen cuerpos de cromitita con dos grupos composicionales, uno con Cr intermedio ($\#Cr=0,60-0,4$) que está en equilibrio con la Cr-espinela en basaltos de antearco (FAB) y otro con más Cr ($\#Cr=0,79-0,84$) que está en equilibrio con fundidos de tipo boninita. Estos dos tipos de fundido son típicos de inicio de subducción en zonas de antearco. En la parte superior de las serpentinitas hay niveles de wehrlitas que representan la zona de transición manto-corteza. Estas wehrlitas están serpentinizadas si bien muestran texturas relictas de tipo *cumulus* de piroxenos. Además, los patrones de tierras raras muestran enriquecimiento en las tierras raras ligeras, indicando impregnación magmática o refertilización, un proceso típico en zonas de cuña mantélica y zonas de dorsal medio-oceánica.

Secuencia cortical

Esta secuencia está compuesta por gabros masivos y bandeados, plagiogranitos, y un complejo de diques de diabasas. Además, se pueden observar diques de diabasa que cortan tanto las unidades mantélicas como las corticales. Para caracterizar y determinar el contexto geodinámico de las ofiolitas se usan elementos trazas inmóviles. Las rocas estudiadas presentan una evolución progresiva desde los gabros hasta las rocas más evolucionadas como los plagiogranitos. En el diagrama de clasificación Th/Yb vs. Nb/Yb, las rocas de composición basáltica se proyectan fuera del campo de los basaltos de composición MORB-OIB, localizándose en el campo de rocas formadas en SSZ con afinidad de arco de islas intraoceánico comparables a otras ofiolitas de SSZ estructuradas en contextos de antearco.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que los protolitos de las serpentinitas son peridotitas de SSZ, similares a las que se han documentado en la región de antearco en zonas de arcos volcánicos intraoceánicos (p. ej., Izu-Bonin-Mariana). Los fundidos en equilibrio con las cromititas muestran una evolución magmática desde basaltos de antearco a boninitas, también formados en una zona de antearco. En cambio, las rocas de la secuencia cortical tienen afinidad de arco de islas toleítico, indicando una subducción más madura y formación del arco. Todas estas evidencias indican una evolución desde inicio de subducción a la estabilización de la subducción y formación de un arco de islas. Finalmente, la ofiolita fue obducida sobre el margen pasivo del cratón Africano Occidental.

REFERENCIAS

- Arenas, R., Sánchez Martínez, S., Albert, R., Haissen, F., Fernández-Suárez, J., Pujol-Solà, N., Andonaegui, P., Díez Fernández, R., Proenza, J.A., García-Casco, A., Gerdes, A. (2020): 100 myr cycles of oceanic lithosphere generation in peri-Gondwana: Neoproterozoic–Devonian ophiolites from the NW African–Iberian margin of Gondwana and the Variscan Orogen. *J. Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, **503**, SP503-2020–3.
- Bodinier, J. L., Dupuy, C., Dostal, J. (1984): Geochemistry of Precambrian ophiolites from Bou Azzer, Morocco. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **87**, 43–50.
- Dilek, Y. & Furnes, H. (2014): Ophiolites and their origins. *Elements*, **10**, 93–100.
- El Hadi, H., Simancas, J.F., Martínez-Poyatos, D., Azor, A., Tahiri, A., Montero, P., Fanning, C.M., Bea, F., González-Lodeiro, F. (2010): Structural and geochronological constraints on the evolution of the Bou Azzer Neoproterozoic ophiolite (Anti-Atlas, Morocco). *Precambrian Res.*, **182**, 1–14.
- Furnes, H., Dilek, Y., De Wit, M. (2015): Precambrian greenstone sequences represent different ophiolite types. *Gondwana Res.*, **27**, 649–685.
- Hodel, F., Triantafyllou, A., Berger, J., Macouin, M., Baele, J.M., Mattielli, N., Monnier, C., Trindade, R.I.F., Ducea, M.N., Chatir, A., Ennih, N., Langlade, J., Pujol, M. (2020): The Moroccan Anti-Atlas ophiolites: Timing and melting processes in an intra-oceanic arc-back-arc environment. *Gondwana Res.*, **86**, 182–202.
- Leblanc, M. (1972): Un complexe ophiolitique dans le Précambrien II de l'Anti-Atlas central (Maroc): description interprétation et position stratigraphique. *Actes Colloq. International. Corrélations Précambrien. Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, **236**, 119-144.
- Pujol-Solà, N., Domínguez-Carretero, D., Proenza, J. A., Haissen, F., Ikenne, M., González-Jiménez, J. M., Colás, V., Maacha, L., García-Casco, A. (2021): The chromitites of the Neoproterozoic Bou Azzer ophiolite (central Anti-Atlas, Morocco) revisited. *Ore Geol. Rev.*, **134**, 104166.