

# Petrografía y condiciones de formación de las rocas ultramáficas con granate asociadas a las eclogitas de Cabo Ortegal

*Petrography and conditions of formation of garnet-bearing ultramafic rocks related to the Cabo Ortegal eclogites*

M. Mendía y J.I. Gil Ibarra

Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco. Ap.644, 48080-Bilbao (España). nppmearm@lg.ehu.es

## ABSTRACT

*Garnet-bearing ultramafic rocks forming a decametric outcrop occur associated to the eclogites of the upper catazonal unit of the Cabo Ortegal Complex. These ultramafites are included within variably mylonitized amphibole-pyroxene gneisses located between the eclogite band on top and the so-called 'banded gneisses' formation below. They are harzburgites with orthopyroxene, olivine and amphibole as main phases and spinel, garnet and ilmenite as minor phases. Serpentine and chlorite are the main secondary minerals. The absence of pervasive deformational features, lack of anisotropy and poikilitic texture of pyroxene and amphibole are noteworthy and point to a possible magmatic/mantle origin of these rocks. However, a detailed petrographic study has shown the existence of discrete domains made of aggregates of minute pyrope-rich garnet, orthopyroxene and olivine with subgrain recrystallization. The mineralogical and textural features thus reveal a metamorphic origin for, at least part, of the present mineral association. Calculated P-T conditions for the orthopyroxene-garnet assemblages are ca. 760 °C and 19 kbar. The rocks studied bear important textural and, to some extent, mineralogical similarities to ultramafic rocks elsewhere within the complex along major tectonic contacts (e.g. Carreiro Zone of Tectonic Movement), although, in view of the relatively Mg-poor olivine and orthopyroxene compositions, an origin through recrystallization of serpentinite protoliths appears unlikely. Instead, an origin through partial recrystallization of mantle fragments related to the subduction and tectonic stacking processes that gave rise to the Complex is proposed.*

**Key words:** ultramafic rocks, high pressure metamorphism, P-T conditions, Cabo Ortegal

*Geogaceta, 37 (2004), 31-34  
ISSN: 0213683X*

## Introducción y datos de campo

En el Complejo de Cabo Ortegal (NO del Macizo Ibérico) se pueden diferenciar varias unidades superpuestas tectónicamente agrupables en dos conjuntos principales: un grupo de unidades inferiores, fundamentalmente formado por rocas en facies de los esquistos verdes y anfibolitas, y una unidad catazonal superior, con rocas que han sufrido metamorfismo de alta presión. Esta última consiste también en un apilamiento de láminas de entre las cuales cabe destacar la lámina eclogítica que se distingue por presentar un afloramiento en forma de banda continua de unos 20 km de largo y 100- 2.500 m de ancho (Fig. 1). Esta lámina está compuesta principalmente por eclogitas y cantidades

menores de rocas asociadas, en particular gneises de diversa naturaleza y anfibolitas, habiendo registrado todas ellas una historia tectonometamórfica común relacionada con el metamorfismo eo-Varisco de alta presión y la exhumación subsecuente.

Las rocas ultramáficas estudiadas son peridotitas y aparecen estrechamente asociadas a la banda de eclogitas en un único afloramiento no mencionado en cartografías anteriores (Fig. 1). Las peridotitas afloran en una superficie de forma ovalada/aboudinada de unos 30 m de largo por 20 m de ancho, localizado en la terminación meridional del flanco Oeste del pliegue formado por las eclogitas comunes en el área de Sierra de Molas. Estas rocas aparecen incluidas en gneises anfibólico-piroxénicos varia-

blemente milonitizados con signos inequívocos de metamorfismo de alta presión (e.g., restos de piroxeno rico en Na, rutilo, abundancia de granate). Los gneises anfibólico-piroxénicos, junto con las rocas ultramáficas, se encuentran situados entre una lámina de eclogitas comunes en la parte superior y la unidad de los gneises bandedos ('banded gneisses' de Vogel, 1967) en la parte inferior.

Las rocas ultramáficas presentan un color oscuro, casi negro, con superficies de alteración de color marrón claro-amarillento y fábrica isotropa o estructura masiva de visu. Aparentemente, no presentan ningún signo de deformación, orientación preferente de los minerales ni estructura anisótropa como bandeo composicional, etc. Son rocas de gra-

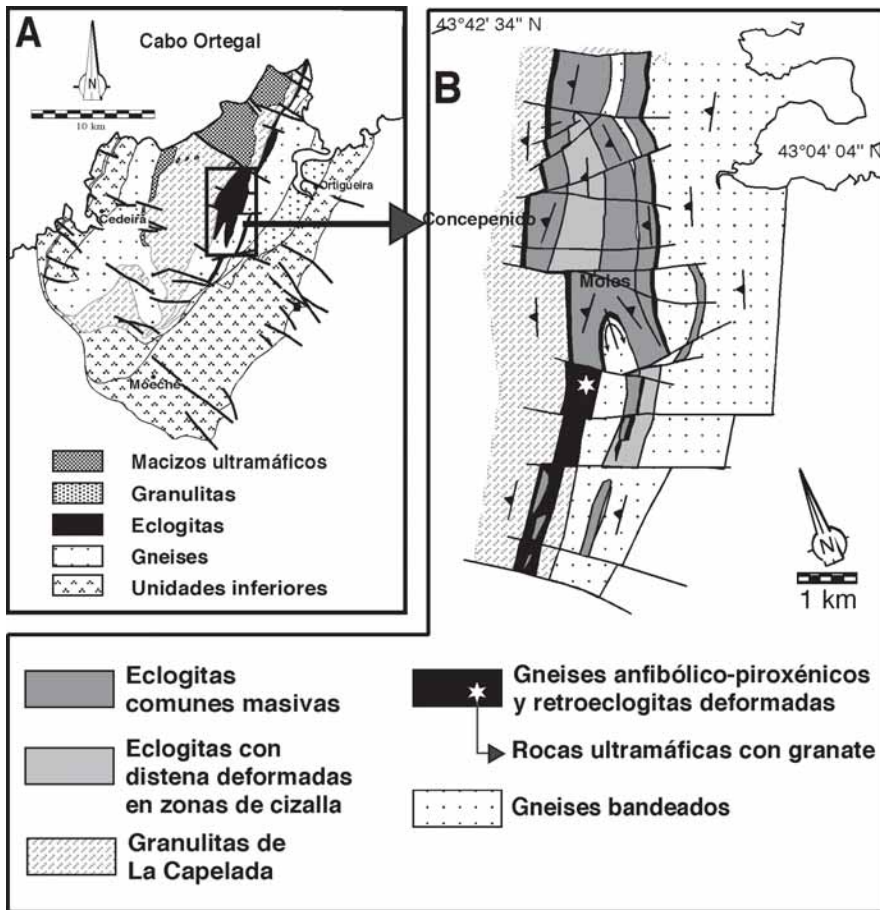


Fig. 1.- A) Mapa geológico simplificado del Complejo de Cabo Ortegal. B) Detalle cartográfico de la parte sur de la Banda Eclogítica donde se muestra el afloramiento de las rocas ultramáficas.

Fig. 1.- A) Simplified geological map of the Cabo Ortegal Complex. B) Detail map of the southern part of the Eclogite Band showing the location of the ultramafic rocks studied.

no grueso y entre los minerales que se pueden reconocer a simple vista están piroxeno, olivino y anfíbol.

**Datos petrográficos y geoquímicos**

Las rocas estudiadas son rocas ultrabásicas (40,9 % SiO<sub>2</sub>) muy ricas en Mg (32 % MgO) y con un contenido muy bajo en tierras raras.

Al microscopio (Fig.2) se reconocen los siguientes minerales primarios: ortopiroxeno, anfíbol, olivino, espinela, granate, ilmenita y pirita. El ortopiroxeno es el mineral más abundante, se presenta en forma de cristales tabulares con abundantes inclusiones de otros minerales y un tamaño medio de grano de ca. 4 mm (2 - 8 mm de largo, Fig.2A). Forma cristales subidiomorfos con exsoluciones de clinopiroxeno o anfíbol a lo largo de los planos de exfoliación. Generalmente carece de signos de deformación, aunque a veces se pueden re-

conocer extinción ondulante y una ligera curvatura de los planos de exfoliación. El anfíbol es algo menos abundante, puede ser poiquilítico o intersticial y de tamaño variable, pudiendo alcanzar los 3 mm en algunas muestras (Fig.2B). Entre los minerales incluidos en ortopiroxeno y anfíbol se encuentran olivino, espinela e ilmenita. El olivino es de pequeño tamaño, <1 mm, y aparece principalmente incluido en los grandes cristales de ortopiroxeno aunque también puede ser intersticial. De hábito equidimensional o ligeramente alargado, generalmente presenta bordes redondeados sin signos de deformación plástica. Entre los minerales secundarios cabe destacar la presencia de serpentina que reemplaza tanto a olivinos como a piroxenos y aparece sobre todo en fracturas orientadas que atraviesan toda la roca. También aparece clorita, aunque en una proporción mucho menor. Atendiendo a su mine-

ralogía, estas rocas se clasificarían como harzburgitas. La textura sería comparable a la de una roca de tipo heteroadcumulado donde el olivino, primera fase en cristalizar, se encuentra englobado en grandes cristales poiquilíticos de ortopiroxeno y anfíbol. Por otra parte, y como ya se ha comentado al mencionar las características de visu, tampoco al microscopio los minerales descritos muestran signos claros de deformación, salvo los leves indicios de extinción ondulante antes comentada en algunos piroxenos. Todas estas características microtexturales sugieren, en principio, que estas rocas podrían ser de origen magmático.

No obstante, una observación minuciosa de las mismas revela que, localmente, aparecen pequeños agregados granoblásticos de ortopiroxeno y anfíbol formados por cristales inferiores a 1mm cuyo aspecto sugiere una recrystalización en estado sólido y en condiciones de deformación plástica a alta T (Fig.2A). Este hecho, en principio contradice la hipótesis de un origen como agregado xenomorfo intercumulus correspondiente a las últimas fases de cristalización de un magma máfico. Por otra parte, la presencia de granates de pequeño tamaño en estos mismos agregados (Fig.2 C y D), conteniendo en ocasiones restos de espinela, apunta hacia la formación de, al menos una parte de la roca, durante un proceso de recrystalización en condiciones no solo de alta temperatura sino también de alta presión. El hecho de que estas características sólo se observen muy localmente en estas peridotitas parece indicar que la deformación y recrystalización dinámica fueron heterogéneas. Habida cuenta además, de que las rocas a las que se encuentran asociadas las peridotitas estudiadas, esto es, los gneises anfibólico-piroxénicos, son frecuentemente miloníticos y han podido absorber gran parte de la deformación, la hipótesis anterior parece más plausible.

En cuanto a la composición mineralógica (Tabla I), el olivino no se encuentra zonado y es rico en forsterita con una composición bastante constante de Fo<sub>86</sub>-Fo<sub>87</sub>. Los ortopiroxenos son relativamente ricos en Al (1,99 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> media) y también de composición bastante homogénea en torno a En<sub>85</sub>. El anfíbol varía en composición de Mg-hornblenda a hornblenda ede-

nítica y hornblenda pargasítica, tiene bajos contenidos en Ti, Fe y Cr y relativamente altos en Mg y Na. La espinela posee una composición variable siendo las más ricas en Cr las que aparecen incluidas en granate (> 31 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). El granate es muy rico en Mg, con cantidades elevadas de Cr en algunos casos y una composición media de Py<sub>54</sub>Alm<sub>26</sub>Gr<sub>13</sub>Uv<sub>2</sub>Sp<sub>2</sub>And<sub>3</sub>.

### Condiciones P-T y significado de las rocas ultramáficas asociadas a las eclogitas

Utilizando los geotermómetros y geobarómetros habituales para rocas ultramáficas con granate y ortopiroxeno (Carswell y Harley, 1990; Nickel y Green, 1985), los datos mineralógicos disponibles permiten calcular unas condiciones de P y T para la formación de esta asociación en torno a 760 °C y 19 kbar, esto es, muy parecidas a los valores obtenidos para el pico metamórfico en las eclogitas adyacentes por termobarometría convencional (Mendia, 1996, 2000; Mendia *et al.* 2001).

Mendia (2000) consideró que las rocas ultramáficas estudiadas no presentaban ningún signo de deformación ni de metamorfismo. Por este motivo estas rocas fueron interpretadas como una intrusión tardía no relacionada con la formación de las rocas con metamorfismo de alta P del entorno (eclogitas, granulitas y gneises) del Complejo de Cabo Ortegal, ni con los macizos de rocas ultramáficas (Limo, Herbeira, Uzal) de dicho complejo. Por otra parte, también resultaba evidente que estas rocas ultramáficas tampoco se parecían a las rocas ultramáficas que aparecen en la unidad de Moeche (e.g. Arenas, 1988) ni a las cortlanditas con características acumulativas que afloran cerca de Vivero asociadas a granitoides Variscos (e.g. Galán y Suárez, 1989).

El estudio detallado de su textura y mineralogía ha revelado, sin embargo, que las peridotitas asociadas a las eclogitas presentan, al menos en parte, evidencias de un origen metamórfico, como es el caso de otras rocas ultramáficas con metamorfismo de alta presión del Complejo con las que guardan algunas similitudes de tipo mineralógico y textural (e.g. metaserpentinitas y harzburgitas con granate de la Zona de Movimiento Tectónico de Carreiro; Azcárraga, 1998, 2000; Abalos *et al.*, 1998; Gil

Wt %	CO.454 Ol-c	CO.454 Ol-c	CO.454 Opx	CO.454 Opx	CO.454 Spl	CO.454 Spl (Grt)	CO.454 Grt-c	CO.454 Grt-c	CO.454 Grt-b
SiO <sub>2</sub>	40.91	40.73	56.83	56.68	0.01	0.07	41.26	40.83	42.02
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.00	0.03	0.04	0.07	0.10	0.06	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.00	1.22	1.71	51.64	34.72	22.94	22.91	23.52
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	0.08	na	0.21	14.13	31.33	0.71	0.73	0.37
FeO*	12.86	13.89	8.36	8.40	17.35	20.27	13.81	13.41	13.61
MgO	46.33	46.20	33.32	33.08	15.72	11.67	15.09	14.96	15.62
NiO	0.23	0.00	na	na	na	na	na	na	na
MnO	0.14	0.13	0.24	0.23	0.11	0.23	0.97	0.70	0.74
CaO	0.02	0.05	0.14	0.19	0.02	0.15	6.72	7.85	6.52
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.12	0.01
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
Total	100.57	101.10	100.11	100.54	99.02	98.53	101.60	101.60	102.49
Si	1.01	1.00	1.97	1.96	0.00	0.00	2.97	2.94	2.99
Ti	-	-	0.03	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Al	-	-	-	-	1.66	1.22	1.95	1.94	1.97
Cr	-	-	-	0.01	0.30	0.74	0.04	0.04	0.02
Fe <sup>3+</sup>	-	-	0.01	-	0.04	0.03	0.03	0.08	0.01
Fe <sup>2+</sup>	0.27	0.29	0.24	0.24	0.36	0.47	0.80	0.73	0.80
Mg	1.70	1.70	1.72	1.71	0.64	0.52	1.62	1.60	1.66
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	-	-	0.01	0.01	-	0.01	0.06	0.04	0.04
Ca	-	-	0.01	0.01	-	-	0.52	0.61	0.50
Na	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Ol-c:** olivino centro; opx: ortopiroxeno; spl: espinela, (grt): incluido en granate; Grt-c/b: granate centro y borde; na: no analizado. Cationes y Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> estimados por balance de cargas (cf. Droop, 1987), asumiendo 4 cationes y 6 O (piroxeno), 3 cationes y 4 O (olivino, espinela), 8 cationes y 12 O (granate).

**Ol-c:** olivine center; opx: orthopyroxene; spl: spinel, (grt): included in garnet; Grt-c/b: garnet center and rim; na: not analyzed. Cations and Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> estimated by charge balance criteria (cf. Droop, 1987), assuming 4 cations and 6 O (pyroxene), 3 cations and 4 O (olivine, spinel), 8 cations and 12 O (garnet).

**Tabla I.- Análisis representativos de olivino, ortopiroxeno, espinela y granate.**

**Table I.- Representative analyses of olivine, orthopyroxene, spinel and garnet.**

Ibarguchi *et al.*, 1999). No obstante, en principio se puede excluir un origen por recristalización de antiguas serpentinitas (olivinos y ortopiroxenos menos ricos en Mg), considerándose más probable que se trate de rocas mantélicas parcialmente recristalizadas en relación con los procesos de subducción y apilamiento tectónico que conformaron el Complejo de Cabo Ortegal. La presencia de estas rocas entre la banda de eclogitas y los gneises bandeados podría tener importantes implicaciones en el contexto regional y apunta a que este contacto es más importante de lo que se ha considerado

hasta la fecha y sería comparable a otras zonas de contactos mayores dentro del Complejo jalonados por peridotitas.

### Referencias

- Abalos, B. Gil Ibarguchi, J.I. y Azcárraga, J. (1998). *Boletín Geológico y Minero*, 109-1, 53-68.
- Arenas, R. (1988). *Evolución petrográfica y geoquímica de la Unidad Alóctona inferior del Complejo Metamórfico Básico-Ultrabásico de Cabo Ortegal (Unidad de Moeche) y del Silúrico paraautoctono, Ca-*

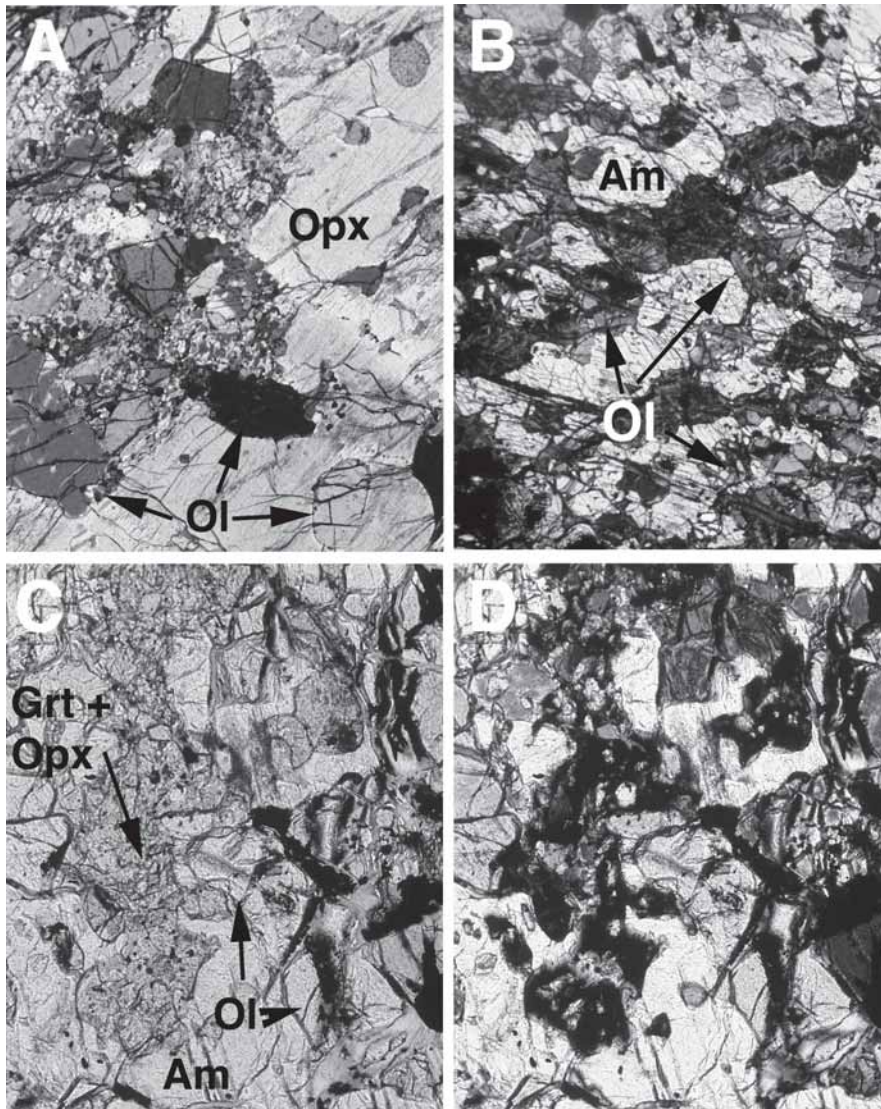


Fig. 2.- Microfotografías de la roca ultramáfica. A Aspecto de un ortopiroxeno poiquilítico englobando cristales de olivino, el cual se encuentra parcialmente recrystalizado con desarrollo de subgranos en la parte izquierda de la fotografía. Ancho de foto: 3,3 mm. B. Aspecto de un anfíbol poiquilítico englobando cristales de olivino parcial o totalmente serpentinizados. Ancho de foto: 3,3 mm. C. Agregados policristalinos intersticiales de granate, ortopiroxeno y anfíbol. Ancho de foto: 0.8 mm; D. Misma foto anterior con nicoles cruzados.

Fig. 2.- Photomicrographs of the ultramafic rocks. A. Poikilitic orthopyroxene including olivine crystals which is, in part, recrystalized developing subgrain domains as can be seen in the left part of the photograph. Picture width: 3.3 mm. B. Poikilitic amphibole including partially or totally serpentized olivines. Picture width: 3.3 mm. C. Interstitial polycrystalline aggregate made of garnet, orthopyroxene and amphibole. Picture width: 0.8 mm. D. Same photograph under crossed nichols.

dena Hercínica Ibérica (NW de España). Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid, 543 p.

Azcárraga, J. (1998). *Evolución tectónica y metamórfica de los mantos inferiores de grado alto y alta presión del Complejo de Cabo Ortegal*. Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, Bilbao, 346 p.

Azcárraga, J. (2000). *Evolución tectónica y metamórfica de los mantos inferiores de grado alto y alta presión del Complejo de Cabo Ortegal*. Serie Nova Terra 17. Ed. Do Castro. A Coruña, 306 p.

Carswell D.A. y Harley, S.L. (1990). En: *Eclogite facies rocks* (D.A., Carswell, Ed.). Blackie, 83-109.

Droop. G.T.R, (1987). *Mineralogical Magazine*, 51, 431-435.

Galán, G. y Suárez, O. (1989). *Lithos*, 23, 233-245.

Gil Ibarguchi, J.I. Abalos, B., Azcárraga, J. y Puelles, P. (1999). *Journal of Metamorphic Geology*, 17, 747-764.

Mendia, M. (1996). *Petrología de la unidad eclogítica del Complejo de Cabo Ortegal (NW de España)*. Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, Bilbao, 463 p.

Mendia, M. (2000). *Petrología de la unidad eclogítica del Complejo de Cabo Ortegal (NW de España)*. Serie Nova Terra 16. Ed. Do Castro. A Coruña, 424 p.

Mendia, M., Gil Ibarguchi, J.I. y Abalos, B. (2001). *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 26, 155-178.

Nickel K. G. y Green, D.H. (1985). *Earth and Planetary Sciences Letters*, 73, 158-170.

Vogel, D.E. (1967). *Petrology of an eclogite- and pyrigarnite-bearing polymetamorphic rock complex at Cabo Ortegal, NW Spain*. Tesis Doctoral. Leidse Geologische Mededelingen, 40, 121-216.