



## La evolución metamórfica de las rocas máficas y ultramáficas del sector occidental del complejo de Ordes (Ordenes) (NW de España)

## The metamorphic evolution of mafic and ultramafic rocks from occidental extent of Ordes (Ordenes) complex (NW Spain)

DIAZ-GARCIA, F.

En este trabajo se describe la evolución metamórfica de distintos tipos de rocas máficas y ultramáficas que representan diferentes partes de una secuencia ofiolítica tectonizada.

Los términos inferiores de esta serie, que están constituidos por alternancias de rocas máficas y ultramáficas bandeadas y por gabros y anfibolitas homogéneas, sufrieron una evolución metamórfica de carácter retrógrado, el primer estadio viene marcado por el desarrollo de anillos de reacción o texturas coroníticas en las que se genera fundamentalmente granate y en menor cantidad granate y clinopiroxeno, esto ocurre en condiciones estáticas próximas a  $P = 6 \text{ KB}$  y  $T = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ . En los términos superiores de la serie (anfibolitas bandeadas y masivas), se observa un metamorfismo en la parte superior de la facies de las Anfibolitas de Alta T. y Baja P., en condiciones por tanto ligeramente inferiores a las anteriores.

Posteriormente, todas estas rocas sufrieron un retrometamorfismo común en facies de las anfibolitas, anfibolitas epidóticas, y esquistos verdes.

Se concluye finalmente la existencia de una serie de características ofiolíticas, con una historia metamórfica claramente diferenciada de otras secuencias ofiolíticas que aparecen en el NW de la Península (p. e. Cabo Ortegal), que presentan un claro desarrollo de Eclogitas y Granulitas.

**Palabras clave:** Alóctono. Ofiolita. Rocas máficas y ultramáficas. Metagabros coroníticos. Anfibolitas.

This paper deals with the metamorphic evolution of different kinds of mafics and ultramafic rocks which seems to represent different levels of a tectonized ophiolitic suite.

The lower levels, made up by alternating mafics and ultramafic rocks, underwent a retrograde metamorphic evolution from gabbros and ultramafic rocks intruded in deeper crustal levels. A first stage of retrometamorphism is represented by the formation of reaction rims under static conditions ( $P = 6 \text{ kb}$ ,  $T = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ ) with the development of garnet and minor clinopyroxene. This textures are interpreted in terms of cooling effects of deep-seated intrusive rocks. Volcanic rocks situated in the upper levels of this ophiolitic suite underwent High T, Low P subfacies of the upper amphibolite facies.

Finally, I point out the existence of a ophiolite, with a metamorphic history, clearly different from other ophiolitic units in NW Spain (e. g. Cabo Ortegal), which shows catazonal conditions, with widespread Eclogites and Granulites.

**Key words:** Allochthonous. Ophiolite. Mafics and ultramafic rocks. Coronitic gabbros. Amphibolites.

DÍAZ-GARCÍA, F.

(Dpto. GEOLOGIA. UNIV. c/ Arias de Velasco, s/n. 33005 Oviedo. España)

## INTRODUCCION

En la base del sector occidental del Complejo de Ordes (Fig. 1), afloran una serie de rocas máficas y ultramáficas, que se disponen formando una gran lámina que se encuentra emplazada tectónicamente sobre las Unidades de Santiago y Agualada (DÍAZ-GARCÍA, 1986 y 1987).

El objetivo de este trabajo es poner de manifiesto las características petrográficas principales y la evolución metamórfica posterior de estas rocas, lo que puede contribuir a la discusión en torno al origen y evolución de estas unidades alóctonas que componen los complejos de rocas máficas y asociadas al NW de la península.

Las rocas del borde occidental del Complejo de Ordes fueron estudiadas por varios autores: PARGA PONDAL (1963, 1966); WARNAARS (1967); ZUUREN (1969); WILLIAMS (1983); GONZALEZ LODEIRO *et al* (1984); MARTINEZ CATALAN *et al* (1985). Recientemente ARENAS *et al* (in lit), enmarcan estas rocas en dos unidades de carácter más general dentro del NW de la Península, como son: la unidad inferior

catazonal y la unidad superior de metabasitas, metasedimentos y ortoneises.

En el esquema cartográfico que se presenta (Fig. 1), se muestra la distribución de los diferentes tipos de rocas máficas y ultramáficas que se encuentran en este sector del Complejo de Ordes. Así, se han distinguido los siguientes grupos de rocas:

- 1.—Alternancias de rocas máficas y ultramáficas bandeadas.
- 2.—Gabros y Anfibolitas homogéneas.
- 3.—Anfibolitas bandeadas.

Las primeras se encuentran representadas en la cartografía según una franja alargada y con una anchura variable entre 1 y 2 Km. Esta franja, se acaba hacia el Norte a la altura del pueblo de Cances, hacia el Sur sigue un trazado paralelo a los demás contactos y a la foliación y finalmente sufre un engrosamiento al W de Castriz para acabarse al Este del pueblo de Bazar. Más al Este, existe un cuerpo alargado de dimensiones más reducidas compuesto fundamentalmente por anfibolitas flaser y gabros plagioclásicos pegmatoides. La mala exposición de

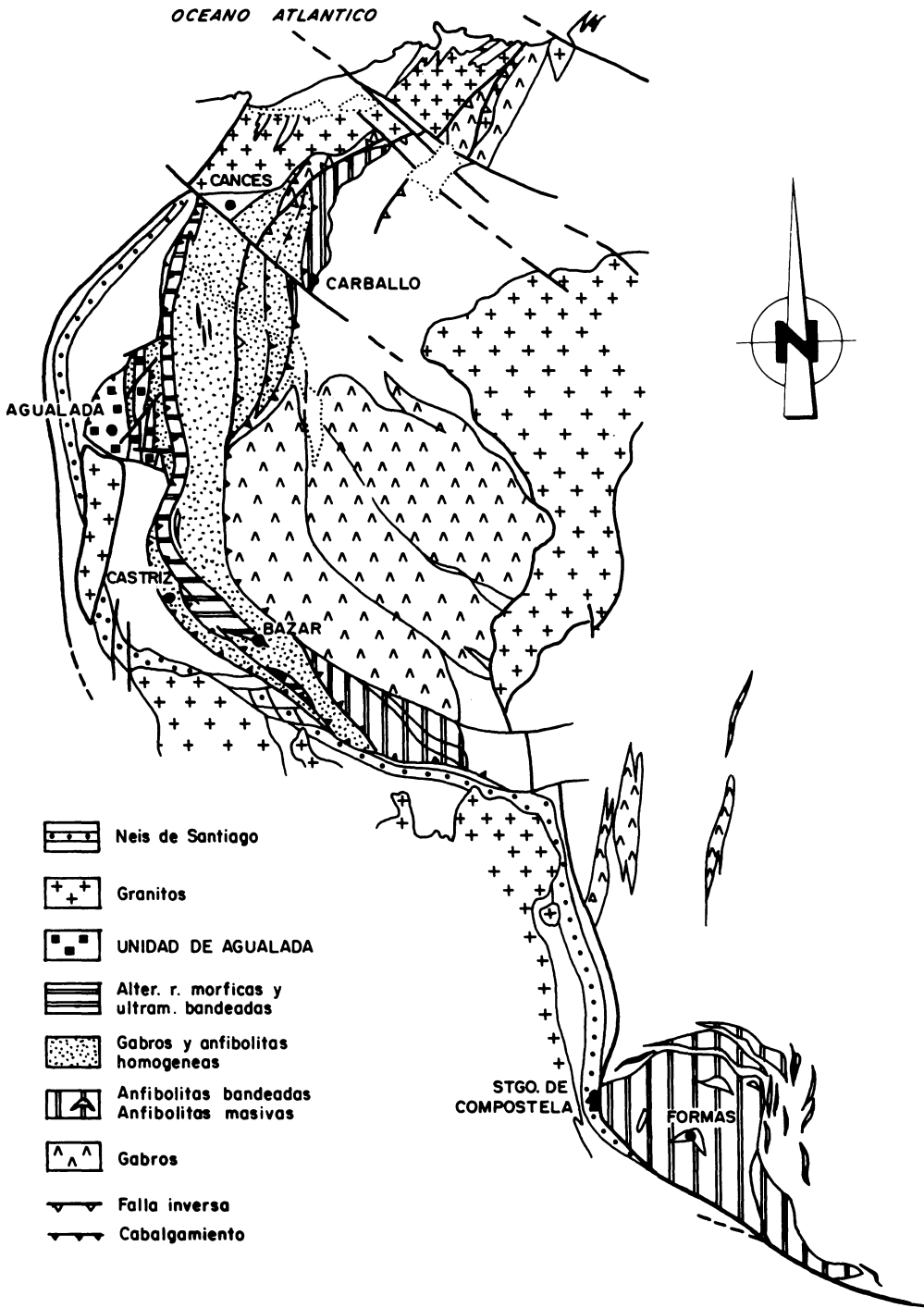


Fig. 1. Esquema cartográfico del sector occidental del Complejo de Ordenes (Ordés).

los afloramientos no permite precisar las relaciones con las rocas del entorno (gabros y anfibolitas homogéneas), y se suponen un cabalgamiento en la base de esta franja, siendo normal el contacto superior.

Los gabros y anfibolitas homogéneas se encuentran tanto en la parte superior como inferior de la franja descrita anteriormente, e internamente tienen repeticiones tectónicas.

Las anfibolitas bandeadas se encuentran distribuidas en tres láminas cabalgantes sobre las anfibolitas homogéneas, que de Norte a Sur son las de Oza, Bembibre y Fornás.

En la parte superior de esta gran lámina de rocas máficas y ultramáficas se encuentra superpuesta tectónicamente la serie de Ordes junto con los gabros de Monte Castelo; sin embargo en el cuerpo de Fornás este tipo de contacto es más difícil de precisar, dado que existen numerosas intercalaciones de rocas básicas en la base de la serie de Ordes.

Los diferentes tipos de rocas básicas y ultrabásicas presentan una foliación bien desarrollada, y en ellas se pueden observar dos fases de deformación principales, que vienen representadas por la existencia de pliegues menores apretados, que afectan a una foliación anterior. Estas estructuras se encuentran bien desarrolladas en las rocas que presentan una anisotropía previa (bandeado); sin embargo en los gabros homogéneos se aprecia sólo una foliación que debe de ser el resultado de D1 + D2. Posteriormente están afectadas por un replegamiento suave de mayores dimensiones y fallas más tardías.

## DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ROCAS

### 1. Alternancia de rocas máficas y ultramáficas bandeadas

Las rocas de esta franja se presentan de un modo general como alternancias de ca-

pas de espesores que oscilan entre 4 y 20 m, los cuales tienen composiciones modales diferentes. En una escala más pequeña, podemos observar que las bandas descritas anteriormente también muestran internamente una disposición en láminas («igneous layering») con espesores entre 20 y 5 cm. Estas láminas son paralelas a la foliación general se pueden seguir durante varios metros a lo largo de todo lo que permite el afloramiento (Fig. 2). En menores ocasiones se obser-

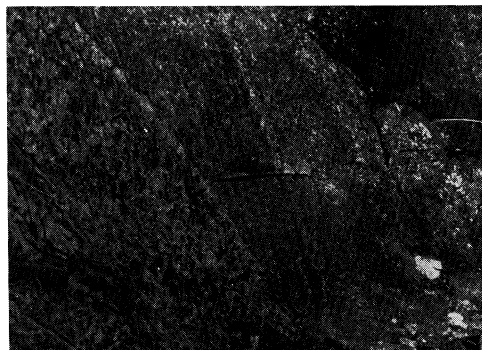


Fig. 2. Laminaciones ígneas características de las alternancias de rocas máficas y ultramáficas, en este caso cortadas por un dique de anfibolitas pegmatoides y afectado todo el conjunto por la foliación D1 + D2.

van diques de gabros pegmatoides que cortan a la laminación ígnea.

Las rocas indeformadas, de composición extrema, son websteritas y anortositas, existiendo una variedad de rocas en función de la cantidad de plagioclasa, dominando los gabros bipiroxénicos con plagioclasa. En cantidades menores existe olivino, obteniéndose gabronoritas olivínicas. Por otra parte existen afloramientos aislados de rocas ultrabásicas del tipo lherzolita y wehrlita.

Los distintos tipos de rocas de esta franja presentan una retrogradación fuerte, estando las rocas ultramáficas generalmente anfibolitizadas y serpentinizadas. Los anfibolitas presentan una foliación bien desarrollada marcada por anfíbol claro y granos de plagioclasa y epidota estirados.

## 2. Los gabros y anfibolitas homogéneas

Estas rocas son las que ocupan mayor extensión, apareciendo en la parte superior e inferior de la banda de rocas anteriormente descritas. Se trata en su mayor parte anfibolitas homogéneas, dentro de las cuales se encuentran escasos cuerpos de gabros, con formas redondeadas, preservados de la deformación.

Dentro de las rocas gabraicas hay que distinguir dos tipos ligeramente diferentes, los cuales se encuentran íntimamente asociados en el campo incluso de los mismos afloramientos: gabros y metagabros coroníticos.

Los gabros presentan una textura granoblástica, con una fuerte tendencia equigranular, poligonal, y constituye un buen ejemplo de texturas acumulo, originadas en condiciones de alta temperatura (Fig. 3).

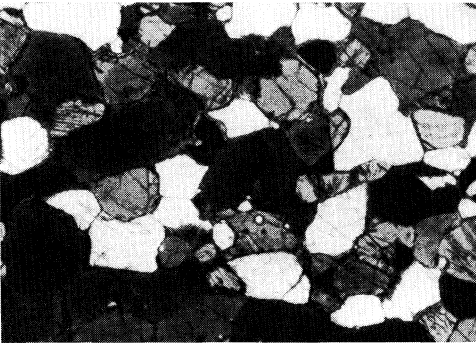


Fig. 3. Gabros bipiroxénicos con plagioclase. Presentan texturas granoblásticas, equigranulares, y poligonales con desarrollo de puntos triples.

Estas rocas están compuestas de: clinopiroxeno, plagioclase, ortopiroxeno, ilmenita, olivino y espinela.

Los metagabros coroníticos tienen la misma composición mineralógica original que los descritos anteriormente y a partir de ésta, tiene lugar la formación de anillos de reacción o texturas coroníticas de granate y anfíbol en cantidades apreciables, que aparecen como dos minerales nuevos en la roca.

También se desarrolla en muy escasas cantidades, una nueva generación de clinopiroxeno.

Las anfibolitas homogéneas se disponen por lo general en láminas de diferentes tamaños, separadas por contactos tectónicos a lo largo de los cuales existen en ocasiones rocas ultrabásicas que presentan una fuerte retrogradación.

La textura que se observa en estas rocas está constituida por «augen» de anfíboles relictos oscuros, que provienen de la sustitución de piroxenos, y tiras delgadas y discontinuas de plagioclase y epidota que, junto con los anfíboles de nueva generación, de más pequeño tamaño y más claros, constituyen la foliación de la roca.

Estas rocas están compuestas por: anfíbol (verde-azul), albita, epidota, ilmenita, esfena.

## 3. Las anfibolitas bandeadas de Oza-Bembibre-Fornás

Estas rocas aparecen separadas cartográficamente en tres cuerpos (Fig. 1). Con carácter subordinado y principalmente en el cuerpo de Fornás aparecen otros tipos de rocas. Estas son principalmente anfibolitas masivas, a veces de extensiones considerables, como en el caso de la cantera de Fornás; en ocasiones se trata de cuerpos de tamaño métrico no cartografiable, excepcionalmente aparecen rocas ultrabásicas, esquistos grafitosos y gneises.

Las anfibolitas bandeadas están compuestas por: anfíbol, plagioclase, clinopiroxeno, epidota, granate, esfena y cantidades variables de opacos. Presentan una foliación bien desarrollada marcada fundamentalmente por anfíboles y un bandeo definido por el mayor o menor contenido en plagioclase, anfíbol y epidota. La esfena y opacos están ampliamente repartidos, a veces en concentraciones altas. Estas rocas presentan una textura granoblástica de grano medio a fino e inequigranular.

En estas rocas, se encuentran en algunos casos mineralizaciones de sulfuros de Zn, Cu y Ni diseminados y masivos de interés económico.

Una variedad de rocas bastante frecuente son las anfibolitas granatíferas. Estas se encuentran en niveles que llegan a constituir guías importantes en el seguimiento de los cuerpos mineralizados, como ocurre en las minas de Arinteiro (WILLIAMS, 1983).

Las anfibolitas masivas se encuentran principalmente en el cuerpo de Fornás, presentan por lo general una foliación bien desarrollada, y tienen texturas granoblásticas inequigranulares, con varios tamaños de plagioclasa y anfíbol. Están compuestas por: anfíbol, plagioclasa, clinopiroxeno, granate, esfena y opacos. Sin embargo, las asociaciones dominantes son bastante simples formadas solamente por anfíbol y plagioclasa (Fig. 4).

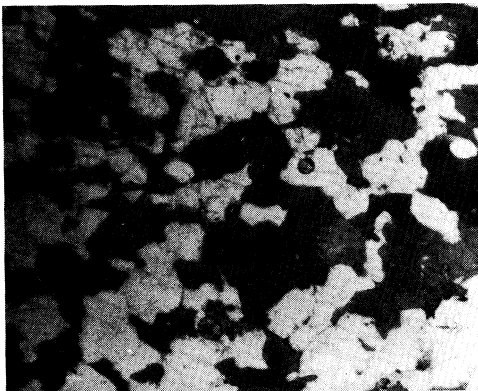


Fig. 4. Texturas granoblásticas con tendencia equigranular, desarrollada en las anfibolitas masivas con anterioridad a la deformación.

Las muestras más deformadas, correspondientes a los dos tipos de rocas, presentan una foliación bien desarrollada con una reducción importante en el tamaño de grano tanto del anfíbol como de la plagioclasa, así como un aumento en la cantidad de epidota y esfena. Observándose en estos términos asociaciones compuestas por:

Anfíbol (verde-claro), epidota, plagioclasa, esfena, clorita

Los esquistos y neises, están finamente intercalados en las anfibolitas bandeadas con espesores en ocasiones de sólo algunos centímetros; por otra parte, los neises leucocráticos presentan en ocasiones fuertes concentraciones de sulfuros masivos.

Los distintos tipos de rocas que se acaban de describir parecen corresponder a diferentes partes de una secuencia ofiolítica. Así las alternancias de rocas máficas y ultramáficas podrían corresponderse con la parte basal de un complejo gabroico (Zona de transición); los gabros y anfibolitas homogéneas podrían a su vez corresponderse con gabros isotropos. Las anfibolitas bandeadas presentan evidencias de campo y petrográficas, tales como: la ausencia de metacumulados, la presencia de metasedimentos y la ocurrencia de sulfuros de Fe, Cu y Ni masivos y diseminados, que las tipifican como metavulcanitas, equivalentes a la parte superior de una secuencia ofiolítica, lo cual había sido puesto de manifiesto por BADHAM y WILLIAMS (1981) y WILLIAMS (1983).

Los datos geoquímicos apuntan también en este sentido. Así WILLIAMS (op. cit.), realiza un estudio exhaustivo en las anfibolitas bandeadas del cuerpo de Fornás y las caracteriza como Toleitas generadas en un fondo oceánico o en una trasera de arco. Por nuestra parte, está en fase de desarrollo un trabajo de índole geoquímico de los tipos de rocas anteriormente descritos y por el momento las podemos caracterizar como Toleitas pobres en potasio.

## LA EVOLUCIÓN METAMÓRFICA

En cuanto a la evolución metamórfica de las rocas máficas y ultramáficas del sector occidental se pueden agrupar en dos conjuntos que poseen historias metamórficas comunes:

1.—Formado por las alternancias de rocas máficas y ultramáficas y por los gabros y anfibolitas homogéneas.

2.—Formado por las anfibolitas bandeadas y rocas asociadas (anfibolitas masivas, etc.).

Por lo que respecta al primer grupo, las texturas que presentan estas rocas en el estado indeformado, nos indican una cristalización en condiciones de Alta T y baja P, con desarrollo de textura adcumulo, y de puntos triples.

El hecho de que se encuentre olivino estable, tanto en gabros homogéneos como en rocas ultramáficas, nos indica que son condiciones similares a granulitas de Baja Presión y Alta Temperatura en el sentido de GREEN y RINGWOOD (1967).

La formación de Texturas coroníticas (Fig. 5), constituye el primer paso en la evo-

lución metamórfica de estas rocas. Los tipos de reacciones metamórficas que tienen lugar son:

ronas de anfíbol en condiciones de más bajo grado.  
Coronas similares a estas fueron interpretadas por varios autores, entre ellos GRIFFIN y HEIER (1973), las interpretan como resultado de el enfriamiento de gabros emplazados en niveles profundos (están ausentes en doleritas superficiales), a P ct. o en ligero aumento. Las condiciones de P y T calculadas en base a las reacciones propuestas por los anteriores autores son próximas a 700 °C y 6 Kb.

Con posterioridad, tiene lugar una deformación generalizada durante la que se obtienen paragénesis en facies de las anfibolitas, anfibolitas epidóticas y esquistos verdes en los términos más deformados. Las asociaciones más comunes en las anfibolitas homogéneas son de anfibolitas epidóticas; mientras que en las alternancias de rocas máficas y ultramáficas bandeadas son de facies de los esquistos verdes.

En cuanto al segundo grupo (anfibolitas bandeadas y rocas asociadas), ZUUREN (1969) les atribuyó un metamorfismo catazonal de desarrollo local; sin embargo, no se han encontrado evidencias de que estas rocas hayan estado sujetas a un metamorfismo en facies de las granulitas, ya que en los estadios indeformados existe una fuerte presencia de minerales hidratados tales como anfíbol que es el constituyente principal de la roca. No existen evidencias de que este proceda de la retrogradación de piroxenos, ya que estos anfíboles están libres de los subproductos de la reacción. Por otra parte, el bajo contenido en calcio de las plagioclasas ( $An = 25\% - 35\%$ ), apunta también en este sentido, ya que este es más alto (alrededor del 50 %) en facies de las granulitas.

Las asociaciones originales que presentan son del tipo:

Hornblenda, plagioclasa.

Hornblenda, clinopiroxeno, plagioclasa.

El anfíbol marrón-verdoso es del tipo magnesio-hornblenda y hornblenda-tscher-marckítica y ha sido citada hornblenda de

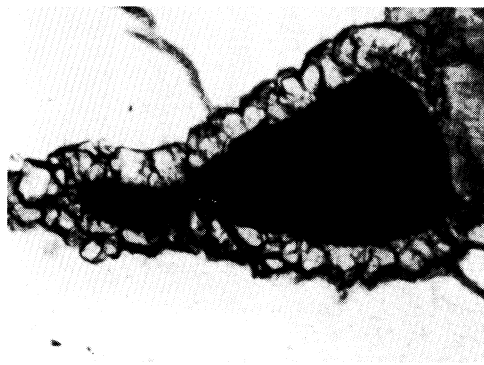


Fig 5. Anillos de reacción con desarrollo de granate.

lución metamórfica de estas rocas. Los tipos de reacciones metamórficas que tienen lugar son:

Olivino + plagioclasa = clinopiroxeno + granate + espinela (En gabrororitas olivínicas).

Ortopiroxeno + plagioclasa = granate + clinop. (En gabros)

También tiene lugar la formación de co-

tipo cummingtonita por ZUUREN (1969) y WILLIAMS (1983), en el cuerpo de Fornás. La plagioclasa es del tipo oligoclasa o andesina y el clinopiroxeno es del tipo salita. La existencia de estas paragénesis y la ausencia de minerales del grupo de la epidota nos apuntan claramente a un metamorfismo en facies de las anfibolitas y de acuerdo con varios autores (p. e. MIYASHIRO, 1973), la presencia de clinopiroxeno nos indica que nos encontramos dentro de la parte de más alto grado de las facies de las anfibolitas. Más concretamente, dado que existen minerales del tipo cummingtonita y salita, podemos caracterizar el metamorfismo sufrido por estas rocas dentro de las subfacies de baja presión en la parte de más alta temperatura.

Este tipo de metamorfismo de alta temperatura está corroborado con numerosos ejemplos de las texturas que presentan estas rocas en el estadio indeformado o poco deformado, las cuales son granoblásticas de grano grueso a medio y con una ligera tendencia equigranular proporcionada por los anfíboles de hábito prismático y también por la existencia local de movilizadas o venas de segregación de Pg y Q.

Posteriormente, durante la primera fase de deformación tiene lugar el crecimiento de granate, originándose asociaciones del tipo hornblenda + plagioclasa + granate, lo cual tipifica las facies de las anfibolitas con gradientes de presión media.

A modo de resumen podemos definir para este segundo grupo de rocas un metamorfismo en facies de las anfibolitas con asociaciones típicas de baja presión y alta temperatura. Este metamorfismo ocurre con anterioridad a la deformación. Por último, durante la segunda fase de deformación, tiene una retrogradación que es especialmente importante hacia los bordes de estas unidades y que en las proximidades de los contactos llega a la facies de los esquistos verdes.

La evolución metamórfica propuesta para los diferentes tipos de rocas máficas y ul-

tramáficas que afloran en el borde occidental del Complejo de Ordes, comienza en una primera etapa caracterizada por la ausencia de deformación, y el enfriamiento lento de rocas gabroicas y ultramáficas generadas en niveles profundos de la Corteza (Texturas Coroníticas). Las anfibolitas bandeadas, de origen volcánico, posiblemente ocupaban posiciones superiores dentro de la secuencia ofiolítica, y sufrieron un metamorfismo de anfibolitas de alta T y baja P, en condiciones por tanto ligeramente inferiores a las anteriores.

Durante la primera fase de deformación los dos grupos de rocas sufrieron un metamorfismo en facies de las anfibolitas de P media, posteriormente retrogradado a facies de las anfibolitas epidóticas y esquistos verdes, estando limitada esta última facies a la zona próxima a los cabalgamientos. Se concluye por tanto una evolución metamórfica común para los distintos tipos de rocas, diferenciada solamente en el primer estadio, debido a la distinta posición que ocupaban originalmente en la serie.

## CONCLUSIONES

Las rocas de la base del Complejo de Ordes en su sector occidental, tienen una historia metamórfica y estructural común. Así, estas pertenecen a diferentes partes de una misma secuencia ofiolítica que actualmente se encuentra tectonizada. Desde el punto de vista geoquímico pueden caracterizarse como pertenecientes a una serie de Toleitas pobres en potasio.

La evolución metamórfica de estas rocas es simple y de carácter retrogradante que parte de gabros y rocas ultramáficas generadas en niveles profundos de la Corteza.

Las anfibolitas bandeadas, de origen volcánico, ocuparían la parte superior de esta secuencia ofiolítica y sufrieron condiciones ligeramente inferiores, alcanzando facies de las anfibolitas, subfacies de alta T y baja P.



Durante las primeras etapas de emplazamiento de estas grandes láminas sufrieron conjuntamente un metamorfismo de P Media, en facies de las anfibolitas.

El establecimiento de la historia metamórfica de esta serie ofiolítica nos permite diferenciarla claramente de otras secuencias ofiolíticas que sufrieron un metamorfismo catazonal, con desarrollo de Granulitas y Eclogitas (tipo Cabo Ortegal).

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de CAICYT n.º 875/84. Quiero agradecer a Jesús Aller y Fernando Bastida la discusión mantenida durante la realización del mismo.

*Recibido, 14-IV-88*  
*Admitido, 20-VI-88*

## BIBLIOGRAFIA

- ARENAS, R., GIL IBARGUCHI, J. I., GONZALEZ LODEIRO, F.; KLEIN, E.; MARTINEZ CATALAN, J. R., ORTEGA GIRONES, E., PABLO MACIA, J. G. de PEINADO, M. (in press). Tectonostratigraphic units in the complexes with mafic and related rocks of the NW of the Iberian Massif. *Hercynica*, II, 2.
- BADHAM, J. P. N. y WILLIAMS, P. J. (1981). Genetic and exploration models for sulfide ores in metaophiolites, NW Spain. *Economic Geol.* 76, 2118-2127.
- DIAZ-GARCIA, F. (1986). La Unidad de Agualada. Borde W del Complejo de Ordenes (NW de España). *Trab. Geol. Univ. Oviedo*, 16, 3-14.
- DIAZ-GARCIA, F. (1987). La evolución metamórfica de la Unidad de Santiago. *Cuad. Lab. Laxe*, 11: 261-273.
- GONZALEZ LODEIRO, F., HERNANDEZ URROZ, J., MARTINEZ CATALAN, J. R., NAVAL BALBIN, A., ORTEGA GIRONES, E. y PABLO MACIA, J. G. de (1984). *Mapa geológico de España E. 1.200.000*, Santiago de Compostela (7). Inst. Geol. Min. España.
- GREEN, T. H. y RINGWOOD, A. (1967). An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31, 767-833.
- GRIFFIN, W. L. & HEIER, K. S. (1973). Petrological implications of some corona structures. *Lithos* 6, 315-355.
- MARTINEZ CATALAN, J. R., KLEIN, E., PABLO MACIA, J. G. de y GONZALEZ LODEIRO, F. (1985). El complejo de Ordenes: Subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 7, 189-210.
- MIYASHIRO, A. (1973). Metamorphism and metamorphic belts. *George Allen & Unwin*, 492 pp.
- PARGA PONDAL, I. (1963). Mapa petrográfico estructural de Galicia E. 1:400.000. Inst. Geol. Min. España (I. G. M. E.).
- PARGA PONDAL, I. (1966). La investigación geológica en Galicia. *Leid. Geol. Med.*, 36: 207-210.
- WARNAARS, F. W. (1967). Petrography of a Peridotite-amphibolite gabbro bearing polyorogenic terrain NW of Santiago de Compostela (Spain). *Tesis Univ. Leiden*. 208 pp.
- WILLIAMS, P. J. (1983). The geochemistry, of ophiolitic mafic rocks from the polymetamorphic Ordenes Complex, NW Spain. *Journal. Geol. Soc. London*, 140, 877-882.
- ZUUREN, A. VAN (1969). Structural Petrology of an Area near Santiago de Compostela (NW Spain) *Leid. Geol. Med.*, 45, 1-71.