

# LA UNIDAD DE AGUALADA. BORDE W DEL COMPLEJO DE ORDENES (NW DE ESPAÑA)

F. DIAZ-GARCIA

TRABAJOS DE DÍAZ-GARCÍA, F. (1986).—La Unidad de Agualada. Borde W del Complejo de Ordenes GEOLOGÍA (NW de España). *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, 16, 3-14. ISSN 0474-9588.



La unidad de Agualada es una lámina de unos 350 m de espesor que se encuentra emplazada tectónicamente entre las unidades de Santiago y las rocas básicas que forman en este sector la base del Complejo de Ordenes. Esta unidad está constituida por neises bandeados y otros que presentan un aspecto más uniforme, entre los cuales aparecen rocas básicas a modo de lentejones, en proporciones muy inferiores a los neises. Estos dos tipos de materiales sufrieron un metamorfismo de alto grado alcanzándose el desarrollo de migmatitas y probablemente paragénesis eclogíticas en las rocas básicas. Posteriormente y en relación con el emplazamiento de esta unidad, tiene lugar una retrogradación que en sus últimos estadios alcanza la facies de los esquistos verdes.

*Palabras clave:* Hercínico, Zona Centroibérica, Aloctóno, Neises bandeados, Retroeclogitas.

The Agualada unit is a thin sheet of 350 m of thickness composed by gneissic rocks and minor amounts of basic rocks with outcrop like pods. This unit has undergone high grade metamorphism which gave rise to partial melting processes in the acidic rocks and probably eclogite assemblages in the basic rocks. Afterwards the Agualada unit was emplaced tectonically by thrusting in a position between the Santiago unit and the basic rocks of the Ordenes Complex. The deformation associated with thrusting became the high grade rocks to retrograde assemblages which reach the greenschist facies in the last stages close to the thrust faults.

*Key words:* Hercynian, Center-Iberian Zone, Allochthon, Banded gneisses. Retroeclogites.

Florentino Díaz García, Departamento de Geotectónica, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo. Manuscrito recibido el 21 de marzo de 1986; revisado el 20 de junio de 1986.

## INTRODUCCION

La Unidad de Agualada se encuentra situada en la zona Centro Ibérica, subzona de Galicia Media (Julivert *et al.* 1972). Más concretamente, en el borde W del Complejo de Ordenes (Fig. 1). Este complejo fue definido por den Tex (1966) y es uno de los mayores con rocas básicas y ultrabásicas que caracterizan la zona Centro-Ibérica.

El carácter aloctono o autóctono de este Complejo de Ordenes, así como de los demás complejos de la zona Centro Ibérica, ha sido largamente debatido. En la actualidad la mayoría de los autores admiten su aloctonía, siendo ésta la interpretación que seguiremos en el presente trabajo. Recientemente Gonzá-

lez Lodeiro *et al.* (1982 y 1984) establecen la división en unidades del Complejo de Ordenes, que se seguirá aquí aunque con ligeras modificaciones.

El Complejo de Ordenes está limitado al W por la Unidad de Santiago, con una historia geológica distinta, sobre la que se superpone tectónicamente a lo largo de decenas de kilómetros. La Unidad de Agualada, constituida principalmente por neises, presenta una geometría lenticular y se intercala tectónicamente entre la Unidad de Santiago y el Complejo de Ordenes (Fig. 2).

Los materiales de la Unidad de Agualada fueron delimitados cartográficamente por varios autores (Parga 1963; Geul 1964; Alonso

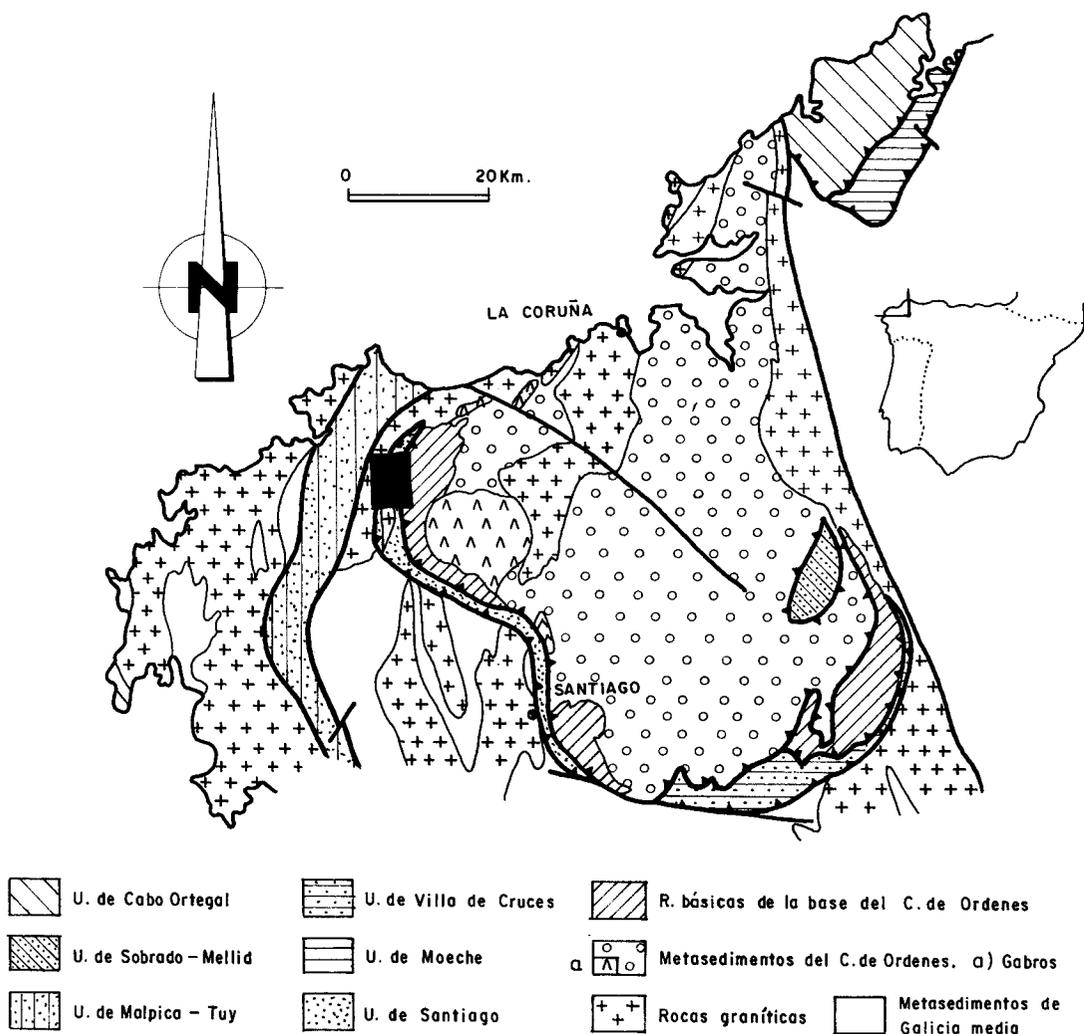


Fig. 1.—Esquema de situación y subdivisión en unidades del Complejo de Ordenes básicamente según Martínez Catalán *et al.* 1984. Recuadro negro = Zona estudiada.

Alonso y González González 1981). Más recientemente Martínez Catalán *et al.* (1985) sugieren que esta unidad representa un fragmento desmembrado de la Unidad de Sobrado-Mellid (situada en la parte E del Complejo de Ordenes) por su similitud litológica con los neises de esta unidad.

El objeto de este trabajo es establecer los límites de la Unidad de Agualada. Con este fin, se han realizado, además de la cartografía y estudio petrográfico de las rocas, algunos análisis químicos de los minerales más significativos de las rocas básicas.

## UNIDADES LIMITROFES, BREVE DESCRIPCIÓN

**Unidad de Santiago.**—Esta unidad consta de una sucesión homoclinal, inclinada al E, que en su base está compuesta por neises de tendencia alcalina que afloran como una banda alargada que recorre toda la unidad; contiene escasas intercalaciones de esquistos y rocas metabásicas de dimensiones métricas. A estos neises se les asigna una edad Ordovícica (García Garzón *et al.* 1981). Sobre ellos se sitúan micaesquistos, frecuentemente con porfiroblastos de albita, esquistos granatíferos y

**LEYENDA**

**UNIDAD DE SANTIAGO**

-  NEIS
-  ESQUISTOS  
o) ANFIBOLITAS

**UNIDADES BASALES DEL C. DE ORDENES**

-  ANFIBOLITAS
-  ROCAS ULTRABASICAS

**UNIDAD DE AGUALADA**

-  NEIS
-  GRANITO DE VARILONGO

-  DIQUE APLITICO
-  ROCAS ULTRABASICAS SERPENTINIZADAS
-  CABALGAMIENTO
-  FALLA
-  FOLIACION
-  ESQUISTOSIDAD
-  EJE DE PLIEGUE

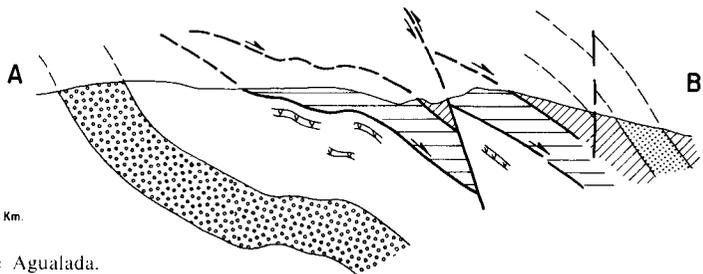
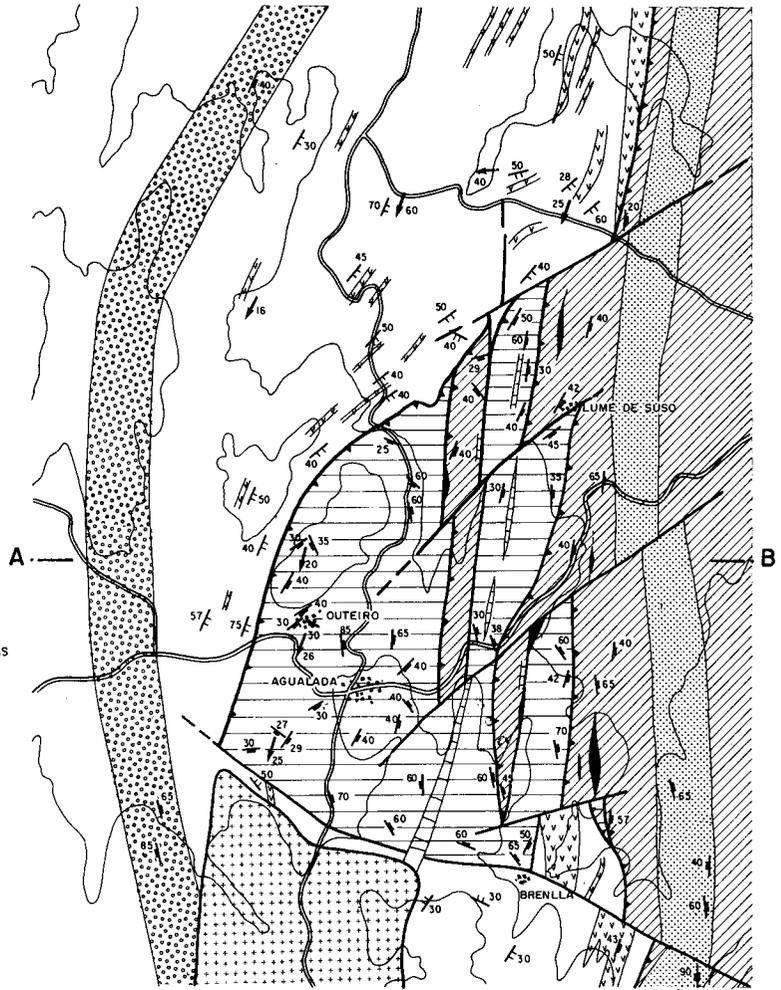


Fig. 2.—Cartografía de la Unidad de Agualada.

cuarzoesquistos, que hacia el E presentan abundantes intercalaciones de rocas metabásicas con espesores que oscilan entre 20 cm y varias decenas de metros; estas rocas tienen una textura porfiroblástica, con blastos de al-

bita de 2-3 mm y a veces presentan un bandeo composicional, también se suelen encontrar en ocasiones lechos de neises leucocráticos intercalados.

Las rocas de esta unidad presentan una es-

quistosidad muy penetrativa que, en las escasas ocasiones en que muestra un menor desarrollo, se observa que es de crenulación, tendiendo a enmascarar a una anterior, dando lugar a un bandeado composicional con lechos cuarzofeldespáticos y micáceos; esta esquistosidad se encuentra a veces deformada por pequeños pliegues asimétricos, vergentes al W.

*Unidades basales del complejo de Ordenes.*— El Complejo de Ordenes presenta en su base varias unidades compuestas principalmente por rocas básicas y ultrabásicas. Las rocas básicas presentes en esta zona son anfibolitas homogéneas con escasas variaciones composicionales. En ocasiones, se encuentran cuerpos indeformados de tamaño métrico, rodeados por la foliación, que presentan un tamaño de grano grueso o medio. Estas rocas presentan paragénesis con ortopiroxeno, clinopiroxeno, plagioclasa, ilmenita. Muestran texturas granoblásticas, equigranulares y poligonales siguiendo la clasificación propuesta por Moore (1970), lo que junto con las paragénesis anteriores nos indica que estas rocas sufrieron un metamorfismo en facies granulítica. Posteriormente fueron afectadas por una deformación que proporciona una desestabilización total de las paragénesis anhidras, dando lugar a anfibolitas foliadas que presentan paragénesis hidratadas con un menor tamaño de grano. Estas paragénesis están compuestas por hornblenda, epidota, albíta, en facies por tanto de las anfibolitas epidóticas, siendo éste el aspecto más frecuente que presentan estas rocas.

Las rocas ultrabásicas están generalmente serpentinizadas. Los escasos cuerpos indeformados son websteritas y peridobitas. Presentan muy frecuentemente bandas de rocas básicas de aspecto pegmatoide y acintado, que tienen una fuerte retrogradación a facies de los esquistos verdes.

## LA UNIDAD DE AGUALADA

Esta unidad está constituida por una lámina cabalgante de unos 350 m de espesor y escasa extensión lateral, cuya geometría original ha sido notablemente modificada por fallas de trazado longitudinal y oblicuo al de los cabalgamientos. Litológicamente está formada por neises, entre los que se incluyen muy frecuentemente cuerpos lenticulares de rocas básicas de tamaño decimétrico a métrico.

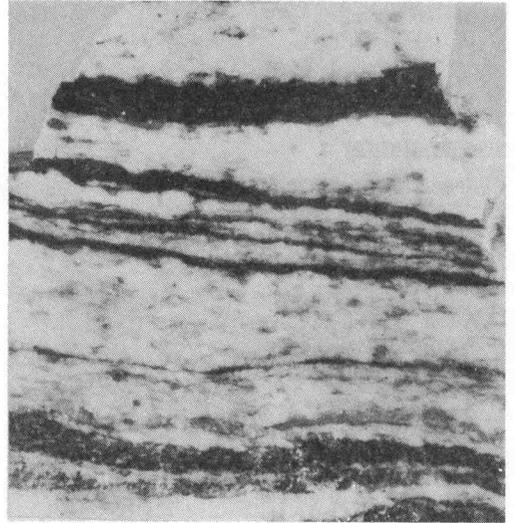


Fig. 3.—Neises bandeados. Aspecto macroscópico.

*Los neises.*—Estos materiales presentan dos aspectos macroscópicamente diferentes, que se denominarán neises bandeados y neises uniformes. Entre estos dos tipos de rocas existen términos transicionales, por lo que no se han podido diferenciar en la cartografía.

*Los neises bandeados.*—Un buen afloramiento de este tipo se puede encontrar cien metros al N del pueblo de Outeiro. Presentan alternancias centimétricas de bandas de colores claros y oscuros (Fig. 3). Las bandas claras están compuestas por cuarzo, Pg. y F. K.; en menor cantidad, por moscovita y granate. Tienen grano grueso a medio, con frecuentes porfiroblastos de feldespato, y presentan una foliación bien desarrollada, observándose en algunos casos texturas miloníticas.

Las bandas oscuras están compuestas fundamentalmente por moscovita, biotita y clorita, con mayor cantidad de granate y menor de cuarzo y feldespatos. Estas bandas tienen una textura esquistosa dado el mayor desarrollo de minerales micáceos.

Por lo que se refiere a la descripción petrográfica de los componentes minerales se puede resaltar lo siguiente:

La plagioclasa se presenta formando parte de la matriz y en porfiroblastos, con inclusiones de granate y biotita, y crecimientos anti-perfíticos en los bordes.

El feldespato potásico se encuentra en poca cantidad y con abundantes intercrecimientos



Fig. 4.—Formación de moscovita a partir de distena. NC x 10.

pertíticos. El granate se presenta de varias formas: como cristales pequeños subidiomorfos incluidos en moscovita y plagioclasa, como granates en atolón y como porfiroblastos con abundantes inclusiones de cuarzo, plagioclasas, esfena y epidota. La moscovita se presenta con dos hábitos diferentes: grandes cristales poiquilíticos con inclusiones de granate, cuarzo y plagioclasa, y agregados irregulares; estos últimos son muy frecuentes y provienen de la retrogradación de distena. Existen dos generaciones de biotita, una constituida por cristales de menor tamaño que los de moscovita, anteriores a la deformación, y otra por cristales de pequeño tamaño, irregulares, que se disponen paralelamente a la foliación y se forman junto con clorita por retrogradación a partir del granate.

Como accesorios aparecen minerales del grupo de la epidota, ilmenita, esfena, apatito y distena; este último mineral se presenta en las bandas micáceas, fuertemente deformado y retrogradándose a masas irregulares de moscovita (Fig. 4).

Los neises uniformes.—Tienen un grano fino a medio dependiendo de la intensidad de la deformación, un color gris claro y un aspecto más homogéneo. Este tipo de neises presentan una menor variedad mineralógica, y están compuestos de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, granate y biotita; como accesorios tienen epidota, allanita y esfena, se puede destacar de estos neises la escasez o ausencia de moscovita. Presentan texturas miloníticas con diferentes grados de evolución.

El feldespato potásico se presenta como porfiroclastos o formando parte de la matriz cuando la roca presenta una deformación elevada; tiene abundantes intercrecimientos de plagioclasa según venas irregulares (pertitas), y en los bordes plagioclasa en forma de gotas con intercrecimientos de cuarzo vermicular. No se ha encontrado distena en las muestras que corresponden a este tipo de neises.

*Las rocas básicas.*—Se trata fundamentalmente de anfibolitas con granate, que se presentan como lentejones (Fig. 5) de tamaño métrico a centimétrico, rodeados por la foliación que presentan los neises. Algunos de ellos tienen forma de *boudins* muy evolucionados, y presentan cuellos pinzados formados por masas pegmatóides compuestas por cuarzo, feldespatos y distena.

A continuación se describirán rocas pertenecientes al centro de estos cuerpos, que presentan una deformación escasa o nula, y muestras de los bordes, con una foliación bien desarrollada.

Las rocas menos deformadas tienen un aspecto masivo, son de color verde oscuro y están compuestas de los siguientes minerales: anfíbol, plagioclasa, granate, epidota y esfena; como accesorios tienen cuarzo y rutilo. La biotita y clorita se desarrollan en pequeñas cantidades según planos de fracturas.

Estas rocas tienen una textura granoblástica heterogranular, con anfíboles poiquilíticos de hasta 2 mm que engloban pequeños minerales de plagioclasa, cuarzo y granate. El anfíbol es el mineral más abundante y se presenta en dos formas: anfíboles poiquilíticos y anfíboles subidiomorfos de pequeño tamaño; los pri-



Fig. 5.—Lentejones de rocas básicas de diferentes tamaños entre neises bandeados.

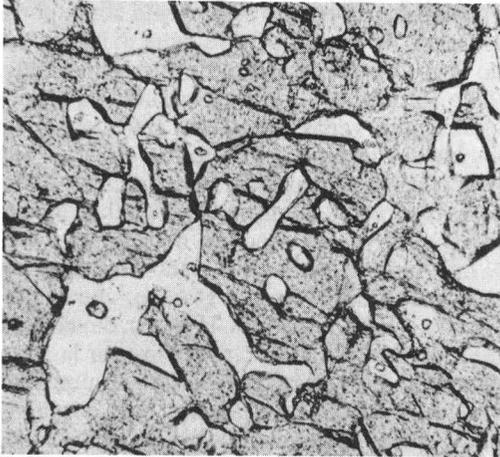


Fig. 6.—Crecimientos simplectíticos muy evolucionados entre anfíbol y plagioclasa. NC x 10.

meros mantienen relaciones simplectíticas muy evolucionadas, con intercrecimientos irregulares de plagioclasa y cuarzo en menor cantidad (Fig. 6). Todos ellos presentan las mismas características ópticas y un color marrón-verdoso. Se han realizado cinco análisis

puntuales en el centro de estos minerales (Tabla I). Para la formulación y clasificación de los anfíboles se sigue la opción recomendada por la I.M.A. (en Leake 1978), asumiendo 22 (O) y 2 (OH, F, Cl) en la fórmula estructural. Se calcula el número de cationes en base a 23 (O). La relación  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  se ha estimado mediante balance de cargas, suponiendo el número total de cationes igual a 13 (excepto K, Na, Ca); se toman como más apropiados los análisis que dentro de las limitaciones anteriores consideran todo el  $Fe_2O_3$ .

Todos los anfíboles analizados tienen  $Ca_B$  1,34 y  $Na_B$  1,67. Son por tanto anfíboles cálcicos (Leake 1978). Dentro de este grupo pertenecen al tipo B con  $(Na + K)_A$  0,50; Ti 0,5 y  $Fe^{3+} Al^{VI}$ . Son hornblendas ferropargasíticas y con ligeras variaciones en el contenido en Si, algunas se proyectan en el campo de las hornblendas edeníticas (Fig. 7).

Las plagioclasas son de pequeño tamaño, presentan formas vermiculares y se encuentran formando crecimientos simplectíticos con anfíboles y minerales del grupo de la epidota.

TABLA I.—Anfíboles.

SiO <sub>2</sub>	42,93	43,15	42,84	44,13	43,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,13	12,83	13,05	11,99	12,19
FeO	11,83	12,88	12,73	12,03	12,73
MgO	11,75	11,64	11,24	12,19	11,65
MnO	0,18	0,27	0,21	0,11	0,08
TiO <sub>2</sub>	1,08	1,19	1,39	1,13	1,28
CaO	11,37	10,89	11,10	11,87	11,36
Na <sub>2</sub> O	1,92	1,92	2,15	1,5	1,85
K <sub>2</sub> O	1,27	1,19	1,43	1,00	1,2
TOTAL	95,67	96,21	96,27	96,13	95,89
Si	6,43	6,40	6,41	6,56	6,50
Al <sup>IV</sup>	1,57	1,59	1,58	1,43	1,49
Al <sup>VI</sup>	0,74	0,65	0,71	0,66	0,65
Fe <sup>2+</sup>	1,36	1,19	1,49	1,38	1,45
Fe <sup>3+</sup>	0,12	0,40	0,09	0,11	0,14
Mg	2,62	2,57	2,5	2,7	2,59
Mn	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01
Ti	0,12	0,13	0,15	0,12	0,14
Ca	1,82	1,73	1,78	1,89	1,82
Na <sup>B</sup>	0,17	0,26	0,21	0,10	0,17
Na <sup>A</sup>	0,38	0,30	0,40	0,32	0,36
K	0,24	0,22	0,27	0,18	0,23

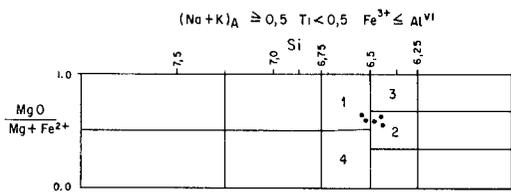


Fig. 7.—Clasificación de anfíboles según Leake 1978. Anfíboles cálcico tipo B. 1— Horblenda edenítica. 2— Horblenda ferropargasítica. 3— Horblenda pargasítica. 4— Horblenda ferroedenítica.

Se han realizado 10 análisis, recogidos en la Tabla II donde se incluye el número de cationes en base a 32 (O). Son plagioclasas del tipo andesinas con contenido en An entre el 24 % y el 35 %; son términos bastante puros, con un contenido en ortosa inferior al 1 %.

Los granates son de tamaño pequeño a medio, a veces muy abundantes; se encuentran frecuentemente fracturados, retrogradándose a clorita y biotita. Presentan dos formas: granates subidiomorfos y en atolón, con los núcleos ocupados por plagioclasa y anfíbol. A veces, en estos núcleos existe biotita más tardía. Ambos tipos presentan frecuentes inclusiones de cuarzo y rutilo. Se han realizado 10 microanálisis puntuales en el centro de estos minerales (Tabla III). Son granates almandínicos, con un contenido medio de 53 % de almandino y 16 % de piropo.

La epidota aparece a veces en gran cantidad; se presenta formando crecimientos simplectíticos con plagioclasa. La esfena presenta una estructura en armazón con pequeños cristales de rutilo dentro, a los que sustituye. La biotita existe en algunas muestras como grandes cristales, según líneas de fracturación. La distena aparece escasamente en las rocas básicas y también se encuentra una segunda generación de cristales grandes, en venas pegmatoides pinzadas en cuellos de *bouding*.

Las muestras más deformadas, recogidas en los bordes de los cuerpos de rocas básicas, tienen una foliación bien desarrollada y presentan los mismos componentes minerales que las rocas poco deformadas; sin embargo, los crecimientos simplectíticos tienden a romperse dando lugar a anfíboles más pequeños, subidiomorfos. Los anfíboles anteriores sufren por tanto una disminución de tamaño y se crea una nueva generación de anfíboles incoloros o de bajo pleocroismo de tipo probablemente actinolítico, que definen la foliación.

EL METAMORFISMO DE LA UNIDAD DE AGUALADA Y SU RELACIÓN CON LA DEFORMACIÓN

Los neises de Agualada presentan una intensa deformación que da lugar a texturas mi-

TABLA II.—Plagioclasas.

Na <sub>2</sub> O	9,21	7,41	7,36	7,68	7,63	8,55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,31	25,57	25,29	25,64	24,82	23,30
SiO <sub>2</sub>	63,22	58,78	59,30	60,05	60,47	61,18
K <sub>2</sub> O	0,07	0,00	0,07	0,18	0,10	0,04
CaO	4,42	7,54	7,38	7,13	6,74	5,07
FeO	0,01	0,25	0,21	0,15	0,14	0,32
TOTAL	100,24	99,55	99,61	100,83	99,90	98,46
Si	2,78	2,63	2,65	2,65	2,69	2,75
Al	1,21	1,35	1,33	1,33	1,30	1,23
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ca	0,20	0,36	0,35	0,33	0,32	0,24
Na	0,78	0,64	0,68	0,65	0,6	0,74
K	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
AN	20,88	35,99	35,51	33,57	32,61	24,62
AB	78,73	64,01	64,09	65,43	66,81	75,14
OR	0,30	0,00	0,40	1,01	0,58	0,23

loníticas en los neises uniformes obteniéndose texturas más esquistosas en los neises bandeados que presentan gran cantidad de minerales micáceos.

La deformación que afecta a los neises uniformes produce fuertes cambios en las microestructuras que presentan los minerales de estas rocas, pero pocos cambios mineralógicos, solamente formación de clorita por retrogradación a partir de granate y biotita, que se dispone según los planos de foliación. Por tanto en los neises uniformes podemos observar las siguientes paragénesis anteriores a la deformación: cuarzo-plagioclasa-feldespato potásico y cuarzo-plagioclasa-granate-biotita.

En los neises bandeados existen paragénesis anteriores a la deformación que constan de: cuarzo-plagioclasas-feldespato potásico-distena y cuarzo-plagioclasa-feldespato potásico-granate. En estas rocas y en menor cantidad en los neises uniformes existe moscovita, sin embargo parece que el desarrollo de este mineral es posterior al de estas paragénesis y está en relación con un proceso de retrograda-

ción que acompaña a la deformación. En efecto, de los dos tipos de moscovita descritos en el capítulo anterior, uno de ellos se forma a partir de la distena y el otro tipo (grandes micas poiquilíticas) se desarrolla junto con clorite y presenta relaciones postdeformación en rocas donde ésta es poco intensa.

Por tanto en los neises se alcanzan paragénesis que indican un metamorfismo de alto grado, con desarrollo de feldespato potásico y distena y desaparición de moscovita; por otra parte, la presencia de distena en vez de sillimanita y la granate en vez de cordierita nos indican presiones altas (Winkler 1976). En estas condiciones de metamorfismo, tal como propone Winkler (*op. cit.*) y Miyashiro (1973) debieron tener lugar procesos de fusión parcial, que originaron rocas migmatíticas, cuya evolución posterior condujo al desarrollo de los neises bandeados, uniformes. Las condiciones de migmatización son difíciles de fijar, pero en ningún caso serían inferiores a los 620°C y 6 Kb, según se deduce de los diagramas P-T (Thompson 1982). Posteriormente a

TABLA III.—Granates.

SiO <sub>2</sub>	38,74	39,21	30,13	38,75	38,62	38,42	38,34	38,86	37,66
TiO <sub>2</sub>	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,18	0,11	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,34	22,03	21,08	21,69	21,79	21,47	21,77	21,82	21,12
FeO	25,40	24,21	25,13	25,35	22,46	25,83	23,58	26,21	25,81
MnO	0,69	0,48	1,22	0,46	0,68	0,76	0,59	0,94	1,66
MgO	3,04	5,31	2,39	4,57	5,73	4,18	4,75	4,84	3,85
CaO	11,48	9,96	11,89	10,21	10,68	9,75	10,75	8,41	9,65
TOTAL	100,89	101,20	99,84	101,03	99,96	100,40	99,96	100,69	99,77
Si	6,03	6,00	6,02	5,99	5,97	5,99	5,96	5,96	5,95
Al <sup>IV</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,03	0,04
Al <sup>VI</sup>	3,91	3,97	3,92	3,94	3,94	3,04	3,95	3,95	3,89
Ti	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Fe	3,30	3,10	3,32	3,27	2,90	3,37	3,06	3,40	3,41
Mn	0,09	0,06	0,16	0,06	0,08	0,10	0,07	0,12	0,22
Mg	0,70	1,21	0,56	1,05	1,32	0,97	1,10	1,12	0,90
Ca	1,91	1,63	2,01	1,69	1,77	1,63	1,79	1,40	1,63
ALM	54,95	51,60	54,80	53,89	47,74	55,50	50,80	56,29	55,25
SPE	1,51	1,04	2,69	0,99	1,46	1,65	1,29	2,04	3,60
PYR	11,72	20,17	9,29	17,31	21,71	16,01	18,24	18,53	14,69
GRD	31,82	27,20	32,22	27,81	29,09	26,84	29,67	23,14	26,46
F/M	4,81	2,60	6,19	3,17	2,26	3,57	2,85	3,14	4,00
F/FM	0,79	0,72	0,86	0,76	0,69	0,78	0,74	0,75	0,80

esto tiene lugar una deformación que supone una retrogradación de las paragénesis anteriores y que en los últimos estadios se desarrolló fundamentalmente en condiciones de bajo grado, con formación de clorita y moscovita a lo largo de los planos de foliación.

Por lo que se refiere a las rocas básicas, las paragénesis que encontramos en las partes menos deformadas son ampliamente hidratadas y representan condiciones en facies de las anfibolitas con hornblenda, plagioclasa (andesina), granate (almandínico), cuarzo. Sin embargo existen algunas evidencias que pueden apuntar a la existencia de un metamorfismo en facies eclogítica o granulítica de alta P.T, como son la abundancia de granate y también el hecho de que este mineral presente estructuras en atolón, con frecuentes inclusiones de cuarzo y rutilo, la existencia de relictos de distena dentro de las rocas básicas y los crecimientos simplectíticos entre anfíbol y plagioclasa. Todas estas características, descritas anteriormente, fueron apuntadas por Vogel (1967) en cuerpos similares de rocas básicas retrogradadas que sufrieron claramente metamorfismo en facies eclogítica, en el complejo alóctono de Cabo Ortegale.

Recientemente se dispone de análisis de anfíboles en retroeclogitas pertenecientes al complejo catazonal de la Unidad de Moeche, ver Fig. 1, similares a las de Cabo Ortegale (Arenas 1985). Este autor diferencia cuatro tipos de anfíboles que pertenecen a una secuencia retrógrada a partir de eclogitas. Los anfíboles del tipo I son similares desde el punto de vista óptico y químico (hornblendas ferropargasíticas y magnesio hastingsitas) a los descritos en este trabajo.

De las descripciones anteriores se deduce que ambos tipos de rocas, neises y rocas básicas, sufrieron conjuntamente un metamorfismo de alto grado durante el cual las rocas básicas alcanzaron probablemente paragénesis eclogíticas y los neises sufrieron migmatización. Esto sería difícil de explicar de otro modo ya que no existen contactos tectónicos entre los cuerpos de rocas básicas y los neises, por lo que esto supone que las rocas básicas fueron cuerpos aislados durante el metamorfismo de la introducción de agua. Posteriormente, durante la deformación, se desarrollan fracturas subperpendiculares a la dirección de máxima elongación que permite la introduc-

ción de agua y una retrogradación de estos cuerpos básicos.

## TECTONICA

Las diferentes unidades que se encuentran en la zona de Agualada presentan una historia metamórfica y estructural marcada por la existencia de importantes cabalgamientos que ponen en contacto unidades con diferente grado metamórfico, es decir, las granulitas de la base del Complejo de Ordenes, los neises y rocas básicas de la Unidad de Agualada y los esquistos de bajo grado de la Unidad de Santiago. Los materiales que forman la Unidad de Agualada sufrieron un metamorfismo de alto grado que borra por completo la historia sufrida por estas rocas con anterioridad a éste; por ello nos vamos a referir a las estructuras que se desarrollan con posterioridad al metamorfismo de alto grado alcanzado por esta unidad que son, por otra parte, las que configuran su geometría y posición actual.

Como se puede observar en la cartografía y corte geológico realizado, la Unidad de Agualada está constituida por una lámina de unos 350 m de espesor que se acuña hacia el N y hacia el S y que se encuentra emplazada tectónicamente entre la Unidad de Santiago y las rocas básicas del Complejo de Ordenes, estando limitada en su base y en su parte superior por cabalgamientos. Esta unidad está afectada por pliegues y fallas que dan lugar a la existencia de varios afloramientos de forma subrectangular con diferentes tamaños.

Los neises de la Unidad de Agualada presentan texturas planolíneas con una foliación bien desarrollada que da lugar a microestructural miloníticas, con diferente grado de evolución y una lineación mineral que se dispone N-S y subhorizontalmente. El desarrollo de pliegues es escaso, encontrándose algunos ejemplares en los neises bandeados; son pliegues muy apretados de pequeño tamaño y ejes N-S que afectan a la foliación y al bandeo composicional que presentan estas rocas.

El límite W de la Unidad de Agualada presenta un fuerte recubrimiento y el contacto no se puede observar directamente. Este límite se interpreta como el cabalgamiento basal de la lámina formada por la Unidad de Agualada sobre los esquistos y rocas básicas de la Unidad de Santiago, ya que la foliación es concordante en ambas unidades, existiendo

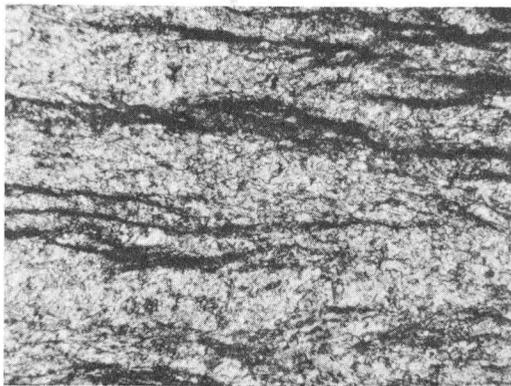


Fig. 8.—Roca de falla, filonita desarrollada en el cabalgamiento existente entre las rocas básicas del Complejo de Ordenes y la Unidad de Agualada. NC x 10.

sin embargo un brusco salto en el metamorfismo.

En el límite oriental los neises de la Unidad de Agualada se ponen en contacto con las rocas básicas del Complejo de Ordenes. Este límite ha sido interpretado como un cabalgamiento por las siguientes razones:

1) El contacto lleva asociada una zona de intensa deformación dúctil caracterizada por un aumento progresivo de la deformación en las rocas básicas a medida que nos acercamos al contacto, que se manifiesta por un mayor desarrollo de la foliación. Esta zona culmina con la aparición en el mismo contacto de una roca de falla de medio metro de espesor, formada a partir de las rocas básicas; se trata de una filonita (Fig. 8) de grano muy fino y con una foliación muy marcada, estando compuesta principalmente por clorita, sericita y anfíbol fibroso de tipo actinolítico.

2) Como puede observarse en la cartografía y con mayor detalle en la carretera de Carballo a Agualada, el contacto es paralelo a la foliación que se desarrolla en los neises y en las rocas básicas, la cual buza  $40^\circ$  hacia el E.

La asociación mineral descrita para las filonitas, así como el hecho de que a veces existan cuerpos de rocas ultrabásicas serpentinizados asociados al cabalgamiento, indican que éste se desarrolló, al menos en sus últimos estadios y en las cercanías del plano de falla, en condiciones de bajo grado metamórfico.

La translación hacia el E asignada en cartografía a los cabalgamientos es acorde con la

interpretación aloctonista del Complejo de Ordenes admitida en el presente trabajo y con la vergencia general que presentan este tipo de estructuras en el NW de la Península.

El único criterio que puede aportarse por el momento a favor de esta interpretación es la existencia de esquistosidad de crenulación extensional en los esquistos de la Unidad de Santiago cerca del cabalgamiento que limita por el W a la Unidad de Agualada. La posición de estas microcizallas permite deducir un sentido de desplazamiento hacia el E, acorde, por tanto, con la anterior interpretación.

La Unidad de Agualada muestra en su parte más occidental pliegues que dan lugar a una mayor anchura cartográfica. Estos pliegues afectan también a los cabalgamientos y son pliegues abiertos de plano axial vertical cuyos ejes se inclinan al Sur (Fig. 9). Por otra parte, esta unidad está afectada en su parte central por una falla subvertical. Finalmente, cabe destacar la existencia de fallas entre las que se pueden distinguir varios tipos. Por un lado, existe una falla de trazado N-S y longitudinal por tanto a las estructuras; produce un levantamiento del bloque oriental y es responsable de la repetición de la Unidad de Agualada en la cartografía. A lo largo de la zona de falla se han observado diques aplíticos y rocas cataclásticas. Por otro lado, existen fallas transversales y oblicuas, que son las últimas estructuras que se producen en la región, desplazando

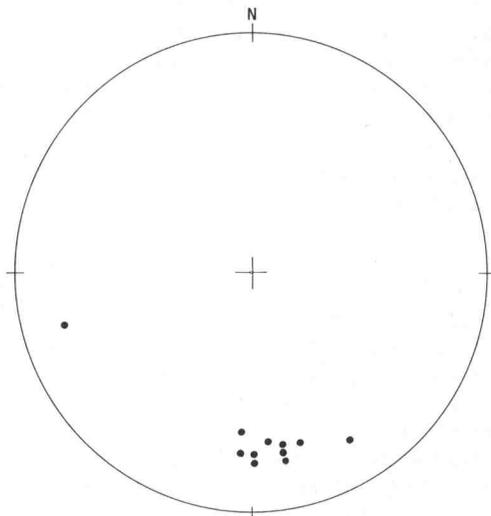


Fig. 9.—Ejes de pliegues en la parte occidental de la Unidad de Agualada.

a los cabalgamientos y a la falla longitudinal descrita. Las fallas oblicuas, de trazado NE-SW, producen un levantamiento del bloque N. La falla transversal que representa el límite S de la Unidad ha dado lugar a un levantamiento del bloque S y es por ello responsable de la brusca terminación meridional de la misma. En relación con ella existen brechas de falla en la localidad cercana a Brenlla.

## CONCLUSIONES

La Unidad de Agualada está compuesta de neises e inclusiones de rocas básicas, en menor proporción, que se encuentran según varios afloramientos en el borde W del Complejo de Ordenes. Estos materiales presentan una historia metamórfica y estructural larga y diferente de las demás unidades que la rodean. Las rocas de esta unidad han sufrido un metamorfismo de alto grado que dio lugar a una migmatización de los neises en un grado variable y al desarrollo, con toda probabilidad, de eclogitas en las rocas básicas. Con posterioridad, estos materiales sufrieron una defor-

mación acompañada de un retrometamorfismo que alcanzó la facies de los esquistos verdes en sus últimos estadios.

La historia deformacional actualmente reconocible comienza con la formación de una foliación generalizada y pliegues escasos de pequeño tamaño y prosigue con la formación de cabalgamientos, pliegues y fallas.

Los cabalgamientos son los causantes del emplazamiento de la unidad y de la forma laminar de ésta, existiendo un cabalgamiento basal que pone en contacto la Unidad de Agualada con la de Santiago y otro que representa el límite superior de la unidad estudiada, que la pone en contacto con las unidades basales del Complejo de Ordenes.

Entre los pliegues cabe destacar la existencia de una generación de estructuras suaves, de ejes N-S que afectan a las superficies de cabalgamiento, principalmente al W, dando lugar al aumento de la superficie de los afloramientos de los neises de Agualada. Finalmente, tienen lugar varias generaciones de fallas, longitudinales, oblicuas y transversales, que han complicado la geometría de la unidad, dando lugar a un enmascaramiento de su forma laminar primitiva.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los doctores F. Bastida, A. Pérez-Estaún y G. Corretge la revisión y lectura crítica de este trabajo. Los análisis químicos de minerales se realizaron con una microsonda electrónica (Jeol 733) en el Departamento de Geología del Imperial College of Science and Technology de Londres;

quiero asimismo agradecer al personal del Departamento y especialmente a la doctora Kate Brodie, la ayuda prestada. Este trabajo estuvo beneficiado en su última etapa por el Proyecto de Investigación de la CAICYT (875/84) para el estudio estructural de Galicia.

## BIBLIOGRAFIA

- Alonso Alonso, J. L. y González González, J. C. (1981).—Mapa Geológico de España E. 1:50.000 SISARGAS-CARBALLO (44) (MAGNA). *Inst. Geol. Min. España*.
- Arenas, R. (1985).—Evolución petrológica y geoquímica de la unidad alóctona inferior del complejo metamórfico básico-ultrabásico de Cabo Ortegal (Unidad de Moèche) y del Silúrico paraautóctono, Cadena Herciniana Ibérica (NW de España). Tesis Doctoral U. C. de Madrid.
- García Garzón, J., Pablo Maciá, J. G. de y Llamas, J. (1981).—Edades absolutas obtenidas mediante el método Rb-Sr en dos cuerpos de ortogneises en Galicia Occidental. *Bol. Geol. Min.*, 92-94, 463-466.
- Geul, J. J. C. (1964).—The petrology of the region between Lage and Carballo (NW Galicia, NW Spain). *Leidse Geol. Meded.*, 30, 103-120.
- González Lodeiro, F., Hernández Urroz, J., Klein, E., Martínez Catalán, J. R. y Pablo Maciá, J. G. de (1982).—Mapa Geológico de España E. 1:200.000 LUGO (8). *Inst. Geol. Min. España*.
- , ——, Martínez Catalán, J. R. Naval Balbín, A., Ortega Girones, E. y Pablo Maciá, J. G. de (1984).—Mapa Geológico de España E. 1:200.000 SANTIAGO DE COMPOSTELA (7). *Inst. Geol. Min. España*.
- Julivert, M., Fontbote, J. M., Ribeiro, A. y Conde, L. (1972).—Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. *Inst. Geol. Min. España*.
- Leake, E. B. (1978).—Nomenclature of amphiboles. *Amer. Min.*, 63, 1.023-1.052.
- Martínez Catalán, J. R., Klein, E., Pablo Maciá, J. G. de y González Lodeiro, F. (1985).—El Complejo de Ordenes: Subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 7, 189-203.

- Miyashiro, A. (1973).—*Metamorphism and metamorphic belts*. George Allen & Unwin Ltd. London, 492 pp.
- Moore, C. A. (1970).—Descriptive terminology for the textures of rocks in granulite facies terrains. *Lithos*, 3, 123-127.
- Parga Pondal, I. (1963).—Mapa petrográfico estructural de Galicia. *Inst. Geol. Min. España*.
- Tex, E. den (1966).—Aperçu pétrologique et structural de la Galice cristalline. *Leidse Geol. Meded.*, 36, 211-222.
- Thompson, A. B. (1982).—Dehydration melting of pelitic rocks and the generation of H<sub>2</sub>O Undersaturated granitic liquids. *Amer. Jour. Sci.*, 282, 1567-1595.
- Vogel, D. E. (1967).—Petrology of an eclogite —and pyrigarnite— bearing polymetamorphic rock complex at Cabo Ortegal, NW Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 40, 12-213.
- Winkler, H. G. F. (1976).—*Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer Verlag Ed. Berlin.