

serie NOVA TERRA

nº 17

O CASTRO 2000

**EVOLUCION TECTONICA Y METAMORFICA DE LOS
MANTOS INFERIORES DE GRADO ALTO Y ALTA
PRESION DEL COMPLEJO DE CABO ORTEGAL**

Josu Azcárraga Cuadra



LABORATORIO XEOLOXICO DE LAXE

serie / NOVA TERRA

**EVOLUCION TECTONICA Y
METAMORFICA DE LOS MANTOS
INFERIORES DE GRADO ALTO Y
ALTA PRESION DEL COMPLEJO
DE CABO ORTEGAL**

Josu Azcarraga Cuadra

AREA DE XEOLOXIA E MINERIA DO SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS

O CASTRO 2000

Sección estrutural XZ de gneis leucocrático rico en granates. Nícoles paralelos

Portada: Juan Ouro

FICHA DE CATALOGACIÓN

AZCARRAGA CUADRA, Josu

Evolución tectónica y metamórfica de los mantos inferiores de grado alto y alta presión del complejo de Cabo Ortegal. -- A Coruña: Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Area de Xeoloxía e Minería do Seminario de Estudos Galegos, 2000.

338 p.: tabl.; 59 Fig.; 24 cms.; 3 map-- (Serie Nova Terra; 17)

Tesis Doctoral Univ. País Vasco. -- Bibliografía: 278-306.

Índice

ISBN: 84-7492-964-4

1. Complejos alóctonos NO Ibérico-Galicia, 2. Gneises de Alta P y T, 3. Milonitas ácidas, 4. Foliaciones gneísicas, 5. Microestructura.

DATOS DE LA TESIS

Autor: Josu Azcárraga Cuadra

Título: Evolución tectónica y metamórfica de los mantos inferiores de grado alto y alta presión del complejo de Cabo Ortegal

Directores: Benito Abalos y José Ignacio Gil Ibarguchi

Doctores Componentes del Tribunal

Presidente: A. Marcos

Vocales: J. Carreras; R. Arenas; F. Bastida

Secretario: L. Eguíluz

Defensa de la tesis: Josu Azcárraga Cuadra

Calificación: Sobresaliente cum laude

RESUMEN

En esta memoria se presenta el estudio estructural de varias unidades que constituyen los sectores occidental y meridional del complejo alóctono de Cabo Ortegal (NO de la Península Ibérica): (1) los mantos inferiores de grado alto y alta presión del alóctono superior del complejo de Cabo Ortegal (formaciones Candelaria y Agudo), los cuales aparecen variablemente retrogradados, (2) la Zona de Movimiento Tectónico de Carreiro (ZMTC) y (3) el Complejo Ofiolítico Basal representado por las anfibolitas de la Formación Purrido-Peña Escrita. De ellas se hace hincapié en la ZMTC, que constituye la base de los mantos suprayacentes y separa el alóctono superior y el complejo ofiolítico basal. Se trata de una zona de cizalla dúctil que incluye rocas de origen profundo (cortical y mantélico) y experimentó una historia tectonometamórfica compleja en niveles estructurales profundos. En su interior se han diferenciado tres láminas o bandas subparalelas resultantes de la intensa milonitización de algunos tipos litológicos de las unidades supra- e infrayacentes: una lámina central de rocas ultramáficas serpentinizadas y dos láminas laterales gneísicas con restos de rocas máficas y ultramáficas.

Las estructuras reconocidas a diferentes escalas han permitido reconocer varias fases de deformación sin-metamórficas relacionadas con una historia de deformación dúctil intensa y prolongada, de carácter no coaxial, en niveles litosféricos desde muy profundos hasta meso-corticales. La primera fase de deformación (A1) se desarrolló en condiciones de temperatura superiores a 1000 °C, esfuerzos diferenciales bajos (4-20 MPa) y tasas de deformación convencionales para el manto superior (10^{-10} - 10^{-15} s⁻¹). El resto de fases de deformación (D1, D2, D3 y D4) tuvieron lugar en niveles estructurales de profundidad variable de la litosfera. Las fases de deformación D1 y D2 tuvieron lugar en condiciones termobáricas desde catazonales (800-850 °C, P > 1 GPa) hasta mesozonales y comparten sus caracteres geométricos y cinemáticos. Son deformaciones dúctiles producidas bajo esfuerzos diferenciales bajos o moderados (< 50 MPa) y tasas de deformación lentas (10^{-17} - 10^{-11} s⁻¹), y se relacionan con un régimen compresivo durante una etapa de acreción activa favorecida por una dinámica de cabalgamientos con un sentido de transporte tectónico de SO a NE. Las fases D3 y D4, tuvieron lugar en condiciones metamórficas de grado medio y bajo, y muestran características extensionales. Llevan asociados un sentido de movimiento de los bloques de techo dirigido bien hacia el NE o bien hacia el SO y probablemente están relacionadas con los procesos de exhumación.

La segunda fase de deformación litosférica (D2) es la más importante a todas las escalas. Es la responsable de la yuxtaposición tectónica y configuración geométrica final de las unidades, con la generación y desarrollo de la ZMTC y la estructura mayor de plegamiento con geometría de tipo "sheath fold" que afecta a la Formación Agudo y a los Gneises de Chimparra. La formación de estas estructuras condicionó el desarrollo de las foliaciones (S2) y lineaciones minerales y/o de estiramiento (L2) principales y de los pliegues intrafoliares, cuyos ejes son subparalelos a la lineación. Estas estructuras presentan una clara relación geométrica y genética de contemporaneidad en un contexto de cabalgamientos dúctiles sobre planos subhorizontales. El análisis geométrico y cine-

mático del flujo plástico durante esta fase indica que aquél se produjo bajo un régimen de deformación dúctil de tipo no coaxial dominado por una cizalla sub-simple o general heterogénea. El grado de no coaxialidad para una banda gneílica de la ZMTC corresponde a un valor del número de vorticidad entre 0.35 y 0.7. Este régimen de cizalla general es coherente con la yuxtaposición de láminas cabalgantes de SO a NE.

En este trabajo se han realizado cortes estructurales con significación cinemática de la geometría probable de la ZMTC (y sus unidades adyacentes) y de la Formación Agudo y su unidad suprayacente. Estas reconstrucciones suponen una aproximación, de carácter interpretativo, a la geometría del marco geodinámico convergente asociado a la formación de las grandes estructuras producidas durante la segunda fase de deformación. La evolución geodinámica de las unidades estudiadas se habría producido en un escenario geotectónico de subducción, de edad 395-380 Ma, relacionado con el principio del Ciclo Orogénico Hercínico. Con posterioridad a la etapa de subducción y antes del emplazamiento del complejo sobre su paraautóctono, tuvo lugar un proceso de obducción que produjo un retrometamorfismo en facies anfibolítica, de edad 385-375 Ma, en las unidades que presentan un pasado catazonal. Tras una retrogradación ulterior en facies de los esquistos verdes, de carácter muy local, se produjo el emplazamiento del complejo de Cabo Ortegal sobre su paraautóctono a una edad de 365 Ma, posterior a la edad de las fases D1 a D4 definidas en este estudio. Tal emplazamiento sería anterior a la fase de deformación responsable de la generación del sinforme de Ortegal (la tercera fase de deformación hercínica de la literatura regional), datada en torno a 320-330 Ma.

**EVOLUCION TECTONICA Y METAMORFICA
DE LOS MANTOS INFERIORES DE GRADO
ALTO Y ALTA PRESION DEL COMPLEJO DE
CABO ORTEGAL**

INDICE

Página

CAPITULO I: INTRODUCCION

I. PRESENTACION	21
II. OBJETIVOS PLANTEADOS	21
III. CONTEXTO GEOLOGICO	23
A. El Macizo Ibérico	23
B. La Zona Centro Ibérica	25
C. Situación geológica del área de estudio en el Complejo de Cabo Ortegal	28

CAPITULO II LITOESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

I. ANTECEDENTES	31
II. LA ZONA DE MOVIMIENTO TECTONICO DE CARREIRO EN EL CONTEXTO DEL COMPLEJO DE CABO ORTEGAL	32
III. ORGANIZACION LITOESTRATIGRAFICA DE LA ZONA DE MOVIMIENTO TECTONICO DE CARREIRO	37
A. Unidades variablemente retrogradadas del Alóctono Superior o Unidad Catazonal Superior ..	38
A.1. La Formación Candelaria	38
A.1.1. Principales tipos litológicos	47
A.1.1.1. Anfibolitas	47
A.1.1.1.1. Anfibolitas bandeadas de grano medio-grueso	48
A.1.1.1.2. Anfibolitas de grano fino	51
A.1.1.2. Rocas con granate-clinopiroxeno ("retroeclogitas")	52
A.1.1.3. Microestructuras indicativas de descompresión y retrogradación en las rocas básicas	53
A.1.2. Metagabros variablemente deformados	54
A.1.2.1. Metagabros coroníticos	55
A.1.2.2. Metagabros fláser-miloníticos	56
A.1.2.3. Significado de las microestructuras de los metagabros	57
A.1.3. Otros tipos litológicos	58
A.1.3.1. Bandas leucocráticas metaplagiograníticas	58
A.1.3.2. Rocas calcosilicatadas	58

A.1.3.3. Diques feldespáticos	58
A.2. La Formación Agudo	59
A.2.1. Metabasitas del área central	61
A.2.1.1. Retroeclogitas variablemente deformadas	61
A.2.1.2. Anfibolitas graníferas	64
A.2.1.3. Anfibolitas con características metagabroicas	66
A.2.2. Metabasitas del área periférica	67
A.2.2.1. Anfibolitas	67
A.2.2.2. Gneises anfibólicos	69
A.2.3. Otros tipos litológicos	69
A.2.3.1. Metagabros variablemente deformados	69
A.2.3.1.1. Metagabros coroníticos	70
A.2.3.1.2. Metagabros fláser-miloníticos	71
A.2.3.2. Gneises leucocráticos ricos en granate	73
A.2.3.3. Gneises cuarzo-feldespáticos	73
A.2.3.4. Láminas leucocráticas	74
A.2.4. Microestructuras más significativas de la Formación Agudo	75
B. La Zona de Movimiento Tectónico de Carreiro	76
B.1. Gneises miloníticos y blastomiloníticos de la banda oriental	78
B.1.1. Gneises miloníticos y blastomiloníticos con granate-biotita±distena±moscovita	78
B.1.2. Inclusiones máficas y ultramáficas en los gneises	83
B.1.2.1. Inclusiones de anfibolitas	83
B.1.2.1.1. Anfibolitas ricas en anfíbol	84
B.1.2.1.2. Anfibolitas con granate	85
B.1.2.1.3. Láminas leucocráticas con granate	86
B.1.2.2. Inclusiones de eclogitas	86
B.1.2.3. Metaperidotitas	87
B.1.3. Geoquímica y metamorfismo de la banda gneílica oriental de la ZMTC	89
B.2. Rocas ultramáficas de la banda central	90
B.2.1. Rocas ultramáficas variablemente serpentinizadas: harzburgitas y ortopiroxenitas	90
B.2.2. Zonas de cizalla discretas	93
B.2.2.1. Esquistos clorítico-anfibólicos	93
B.2.2.2. Metabasitas	94
B.2.2.3. Peridotitas serpentinizadas	95
B.2.3. Origen y metamorfismo de las rocas ultramáficas variablemente serpentinizadas de la banda central	95
B.3. Gneises con metabasitas de la banda occidental	96
B.3.1. Gneises con hornblenda-epidota-biotita-granate	96
B.3.2. Gneises con granate-biotita-estauroлита-antofilita	98
B.3.3. Gneises con biotita-granate-estauroлита-distena	99
B.3.4. Inclusiones de metabasitas	100
B.3.5. Otros tipos litológicos	101
B.3.5.1. Rocas calcosilicatadas	101
B.3.5.2. Diferenciados y bandas leucocráticas	102
B.3.6. Metamorfismo de la banda occidental de la ZMTC	102
C. Complejo Ofiolítico Basal	102
C.1. La Formación Purrido-Peña Escrita	102
C.1.1. Las anfibolitas de Purrido	103
C.1.1.1. Anfibolitas	103
C.1.1.2. Otras litologías	105
C.1.1.2.1. Anfibolitas con granate	105
C.1.1.2.2. Láminas metagabroicas	106
C.1.1.2.3. Diferenciados leucocráticos	107
C.1.2. Las anfibolitas de Peña Escrita	107
C.1.3. Origen, metamorfismo y edad de las metabasitas de la Formación Purrido-Peña Escrita	109

**CAPITULO III
GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

I. INTRODUCCION	113
II. FASES DE DEFORMACION RECONOCIDAS EN EL PRESENTE ESTUDIO	115
A. La Fase de deformación A1	116
B. Deformaciones litosféricas eo-Hercínicas	116
B.1. La Fase de deformación D1	116
B.1.1. La Fase D1 en peridotitas asociadas a la ZMTC	117
B.1.2. La Fase D1 en metabasitas de alta presión	117
B.1.3. La Fase D1 registrada en otros tipos litológicos	118
B.2. La Fase de deformación D2	119
B.3. Las Fases de deformación D3 y D4	124
C. Deformación tardía	127
III. ANALISIS GEOMETRICO DE LAS ESTRUCTURAS	130
A. Análisis estadístico de orientaciones de foliaciones, lineaciones y pliegues	130
A.1. Metodología	130
A.2. Resultados	133
B. Análisis geométrico de los pliegues	141
B.1. Tipología y descripción de los pliegues	141
B.2. Origen e interpretación de los pliegues	146
C. Relaciones geométricas entre foliaciones, lineaciones y pliegues en las distintas unidades	149
IV. CINEMATICA	154
A. Introducción	154
B. Determinación del sentido de cizalla	155
B.1. Indicadores cinemáticos reconocidos	155
B.2. Determinación del sentido de cizalla mediante el análisis gráfico de Shelley (1995)	161
V. RECONSTRUCCION GEOMETRICA DE LA ESTRUCTURA DE LOS SECTORES OCCIDENTAL Y MERIDIONAL DEL COMPLEJO DE CABO ORTEGAL	163
A. Introducción	163
B. Reconstrucción estructural de los cortes	163
B.1. Justificación	163
B.2. Estructura del apilamiento tectónico constituido por las anfíbolitas de Purrido, la ZMTC y la Formación Candelaria	164
B.2.1. Corte paralelo a la sección estructural XZ	164
B.2.2. Serie de cortes transversales	169
B.3. Corte transversal a la orientación de la lineación de la Formación Agudo	169

**CAPITULO IV
PETROLOGIA ESTRUCTURAL**

I. INTRODUCCION	181
II. PETROFABRICA DEL CUARZO	182
A. Introducción	182
B. Análisis petroestructural del cuarzo en la ZMTC y unidades adyacentes	183
B.1. Descripción de las muestras	183
B.2. Microestructuras de deformación plástica del cuarzo	186
B.3. Fábricas de ejes-c de cuarzo	189
B.3.1. Fábricas de ejes-c de cuarzo en venas encajadas en la Formación Candelaria	189
B.3.2. Fábricas de ejes-c de cuarzo en la Formación Agudo	191
B.3.3. Fábricas de ejes-c de cuarzo en venas encajadas en la ZMTC	191

B.3.4. Fábricas de ejes-c de cuarzo en venas encajadas en las anfibolitas de Purrido-Peña Escrita	193
B.3.5. Fábrica de ejes-c de cuarzo asociada a una foliación S1 incluida en porfiroclastos de granate	196
C. Determinación de los esfuerzos diferenciales y tasas de deformación	198
C.1. Introducción	198
C.2. Determinación de los esfuerzos diferenciales y tasas de deformación	201
C.2.1. Determinación del tamaño de grano final \bar{L}	202
C.2.2. Determinación del tamaño de grano inicial \bar{L}_0	206
C.2.3. Determinación de las temperaturas de deformación y annealing	209
C.2.4. Determinación del esfuerzo diferencial	211
C.2.5. Cálculos de las tasas de deformación durante la milonitización	215
C.2.6. Determinación de la viscosidad efectiva	217
D. Discusión sobre los mecanismos y condiciones de la deformación plástica del cuarzo en la ZMTC y unidades adyacentes	220
III. PETROFABRICA DEL OLIVINO	223
A. Introducción	223
B. Petrofábrica	225
C. Significado de la fábrica tectónica de las peridotitas	227
D. Esfuerzos diferenciales y tasas de deformación	228
D.1. Paleopiezometría	228
D.2. Flujo plástico estacionario	230
E. Conclusiones	232
IV. DEFORMACION DE FELDESPATOS, ANFIBOLES Y GRANATES	232
A. Introducción	232
B. Deformación en los feldespatos	235
C. Deformación del anfíbol	237
D. Deformación de granates	239

CAPITULO V ANALISIS GEOMETRICO Y CINEMATICO DE LAS DEFORMACIONES NO COAXIALES

I. INTRODUCCION	243
II. ANALISIS DEL FLUJO EN ZONAS DE CIZALLA	244
III. ANALISIS GEOMETRICO Y CINEMATICO DE LAS DEFORMACIONES NO COAXIALES	246
A. Deformación finita (R_f)	246
B. Cambio de volumen (ΔV)	247
C. Grado de no coaxialidad o vorticidad	248
C.1. Determinación del grado de no coaxialidad (W_m)	249
C.1.1. Estimaciones cualitativas de W_m en la ZMTC y unidades adyacentes	251
C.1.2. Estimaciones cuantitativas de W_m en la ZMTC	252
C.1.2.1. Fundamentos teóricos	252
C.1.2.2. Condicionamientos prácticos	254
C.1.2.3. Primer método (Passchier, 1987)	254
C.1.2.4. Segundo método (Simpson, 1992)	255
IV. ESTIMACION DE LA DEFORMACION POR CIZALLA γ	256
A. Deformación por cizalla a partir de la oblicuidad entre foliaciones y límites de la ZMTC	258
B. Deformación por cizalla a partir del análisis de pliegues vaina	259

C. Deformación por cizalla a partir del análisis de los porfiroclastos manteados	260
D. Deformación por cizalla a partir del análisis de las fábricas de ejes-c de cuarzo	261
V. CONCLUSIONES	264

**CAPITULO V
CONCLUSIONES GENERALES**

I. CONCLUSIONES GENERALES	267
A. Litoestratigrafía y petrografía	267
B. Fases de deformación	268
C. Condiciones de la deformación	270
D. Geometría y cinemática de las deformaciones no coaxiales	272
E. Marco geodinámico	272
II. CUESTIONES ABIERTAS	274

BIBLIOGRAFIA

I. BIBLIOGRAFIA	279
---------------------------	-----