

**LABORATORIO XEOLÓXICO DE LAXE**

**serie / NOVA TERRA**

**RECRISTALIZACIÓN Y DEFORMACIÓN DE  
LITOLOGÍAS SUPRACORTICALES SOMETI-  
DAS A METAMORFISMO DE ALTA PRESIÓN  
(COMPLEJO DE MALPICA-TUY, NO DE  
ESPAÑA)**

**Javier Rodriguez Aller**

ÁREA DE XEOLOXÍA E MINERÍA DO SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS

**O CASTRO 2005**

ISBN: 84-933799-4-8  
Depósito Legal: C-1586/05  
Imprime: TÓRCULO  
A Coruña, 2005

Fotografía de cubierta: Javier Rodríguez Aller  
Gneis granítico con bandeado milonítico en el contacto tectónico con la Unidad  
Oceánica (superior) en Muíños de Ceán (Coruña, España)

Maquetación: Javier Rodríguez Aller  
Portada: J.R. Vidal Romaní

### FICHA DE CATALOGACIÓN

RODRÍGUEZ ALLER, Javier

Recristalización y deformación de litologías supracorticales  
sometidas a metamorfismo de alta presión (complejo de Malpica-  
Tuy, NO de España) / Javier Rodríguez Aller. — Edición do Castro.  
Laboratorio Xeolóxico de Xeoloxía e Minería do  
Seminario de Estudos

542 pp.; 91 tabl.; 12 mapas, 24 cm.,  
(Serie Nova Terra; 29)

Tesis Doctoral Universidade de Galicia. —  
Bibliografía: p. 347-373. — Incluye Índice

ISBN: 84-933799-4-8 D.L.: C-1586/05

1. Subducción y exhumación de corteza superior 2. Recristali-  
tización y partición de la deformación 3. Orogenia Varisca  
4. Complejo alóctono de Malpica-Tuy (Macizo Ibérico).

I. Instituto Universitario de Xeoloxía (Universidad de Coruña),  
ed. II. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, ed. III Seminario de  
Estudos Galegos, Área de Xeoloxía e Minería, ed. IV. Xunta de  
Galicia. Galicia Innovación. Plan Galego de Investigación, Desen-  
volvemento e Innovación Tecnolóxica 2002-2005, ed. V. Serie  
(Nova Terra; 29) V. Tít

Edición revisada de la tesis doctoral defendida por el autor en la Universidad del País Vasco.

## DATOS DE LA TESIS

**Autor:** Javier Rodríguez Aller.

**Título:** Recristalización y deformación de litologías supracorticales sometidas a metamorfismo de alta presión (Complejo de Malpica-Tuy, NO del Macizo Ibérico).

**Directores:** José Ignacio Gil Ibarguchi y Benito Ábalos Villaro.

**Lugar y fecha de defensa:** Leioa, 21 de noviembre de 2003.

### Doctores componentes del Tribunal

**Presidente:** Mercedes Peinado (Catedrático, Univ. de Salamanca).

**Vocales:** Ricardo Arenas (Prof. Titular, Univ. Complutense).

Roberto Compagnoni (Catedrático, Univ. de Turín).

José María Tubía (Catedrático, Univ. del País Vasco, 1º suplente).

**Secretario:** Miren Mendia (Prof. Titular, Univ. del País Vasco).

## Agradecimientos

Al presentar esta memoria, fruto de varios años de investigación, no quiero olvidarme de toda la gente que me ha ayudado y animado en este fascinante periplo vital... La lista es larga, pero me quedo corto al expresar mi gratitud.

José Ignacio Gil Ibarguchi me brindó en su día la oportunidad de dedicarme a uno de los trabajos que más satisfacciones me podía dar: la investigación. Trabajando a su lado es fácil considerarse insignificante. Le doy las gracias por haber confiado en mí (a veces más que yo mismo) y por haberme educado científicamente.

Benito Ábalos ha codirigido esta tesis doctoral. Su supervisión en los temas estructurales ha servido para que muchas de mis conjeturas adquiriesen consistencia y validez.

Luis Ángel Ortega ha estado a mi lado siempre que he necesitado una ayuda en cualquier cuestión relacionada con la geoquímica, los ordenadores y la estadística. Además, ha sido el responsable de los análisis por activación neutrónica y por espectrometría de masas que presento en esta memoria. Por último, siempre me ha aconsejado cuando me ha surgido alguna duda en mi andadura por el mundo científico y universitario... Es un auténtico renacentista, amante de las ciencias y de las letras.

En la sección de Geología de la UPV/EHU he encontrado siempre la ayuda y predisposición de muchas personas: Francisco Velasco, quien me introdujo en la investigación geológica, Miren Mendia, Marina Menéndez, Josu Azkarraga, José Francisco «Cayo» Santos, Alberto Bandrés... Una mención particular para Francisco José Larrea (*in memoriam*): enfascado como estaba en un estudio de metamorfismo de alta presión, no habría sido capaz de pensar en hipótesis genéticas de mezcla de magmas si él no me hubiera abierto los ojos a esos interesantes procesos ígneos... Y otra mención especial para María, por su abnegación en la penúltima etapa.

Le estoy muy agradecido a Cecilio Quesada por permitirme consultar toda la información referente a mi zona de estudio que se conserva en el archivo del I.G.M.E. (Madrid). También a Víctor Fontenla por sacar un poco de tiempo de entre su familia y su trabajo para enseñarme las facies indeformadas del complejo del Galiñeiro.

Seguramente habría necesitado medio año más para presentar esta tesis si Michèlle Veschambre no hubiese tenido la gentileza de permitirme hacer sesiones maratónicas con la vieja microsonda Camebax de la Universidad de Clermont-Ferrand (Francia). Y lo mismo debo decir de la amabilidad de Andrés Cuesta, Miguel Ángel Fernández y Emilio Ariño, a cargo del Servicio de Microsonda de la Universidad de Oviedo.

El trabajo de campo, aunque gratificante, es duro y solitario. Debo agradecer el alojamiento que me han ofrecido Paco y Chelo, del Hostal Vázquez, durante mis estancias en

Vimianzo, muy por encima de lo que era su obligación... Las largas campañas en el "Finis Terrae" lo fueron menos gracias a Cristina, a Beatriz y a mi familia de La Coruña.

El capítulo de geocronología ha sido posible gracias al interés de Michael Cosca, que puso a mi disposición su laboratorio en la Universidad de Lausana (Suiza)... Vivir allí fue más fácil gracias al calor mediterráneo que aportaba la comunidad de investigadores italianos: Sabrina, Francesco, Giovanni, Chiara,..., y a dos encantadoras geólogas asturianas que sobrevivieron a la fría Zurich: Lourdes Sánchez y Berta Ordóñez.

Hace ocho años tuve la enorme fortuna de conocer a Filippo Valla. Su incombustible espíritu crítico y las discusiones que provocó han sido de inestimable ayuda para mejorar el resultado de mi investigación, que se ha visto beneficiada también por el intercambio de ideas con el Prof. Bruno Messiga, de la Universidad de Pavía (Italia). Su método científico y su visión racional de la geología deberían ser adoptados por muchos investigadores. Él y Riccardo Tribuzio me facilitaron los análisis por microsonda iónica en el C.N.R. de Pavía. Y Filippo Valla ("carissimo Pippo!"), su familia y sus amigos (Patrizia, Alessia, Monica, Nicho, Davide, Paola...) han estado a punto de hacerme renegar de todo lo mío y de convertirme en un italiano... "*Una faccia, una razza!*".

Dice un proverbio turco que *el hombre ha nacido para tener un amigo*. Gracias, por tanto, a Miguel Ángel Casado, John Ortuzar, Elisa López, Cristina Riesco, Pippo Valla y Néstor Vegas, por haber dado un sentido a mi vida. Gracias también a Pilartxo, a quien siempre deberé una canción de amor. Y gracias a Alodia, por ayudarme a levantar de nuevo la vista hacia las estrellas.

A mi familia agradezco el haberme soportado más que nadie, el haber sufrido mis inconstancias y mis caprichos y, a pesar de todo ello, el haber confiado ciegamente en mí.

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia mediante el Programa de Formación de Profesorado Universitario y Personal Investigador (FP 92-16.047.193), las Acciones de Política Científica ACP 95/0063 y ACP 96/0097 y la Acción Integrada HI1997/0014, así como por los proyectos de investigación de la Universidad del País Vasco EB 033/93 y EB 034/96, y de la DGEIC (MEC) PB97-0617.

## RESUMEN

El complejo alóctono de Malpica-Tuy representa un fragmento de corteza superior del supercontinente Gondwana, que fue transportado hasta profundidades mantélicas (c. 90 km) durante la orogenia Varisca (380-385 Ma). Este proceso de subducción produjo una recristalización incompleta de las litologías corticales, caracterizada por microestructuras coroníticas y pseudomórficas que evidencian una ausencia de deformación y una escasez de fluidos durante la subducción continental.

La exhumación de este bloque cortical metaestable en condiciones mantélicas conllevó la deformación progresiva de los materiales y su reequilibrio metamórfico durante varias etapas: D1 en condiciones eclogíticas (365-370 Ma), D2 en facies de las anfibolitas con epidota (340-345 Ma), y D3 en facies de los esquistos verdes (330 Ma). Los criterios cinemáticos indican que la exhumación se produjo de N a S (en coordenadas actuales).

El final de la exhumación marca el comienzo del magmatismo varisco regional en dos etapas, una sintectónica (310-325 Ma) y otra postectónica (285-295 Ma).

## PREFACIO A ESTA EDICIÓN

Este libro representa una edición revisada de la tesis doctoral defendida por el autor. Aunque las ideas no han sido modificadas con respecto a la disertación original, si se han realizado algunas enmiendas menores que tienen su origen en las recomendaciones del tribunal que juzgó dicha tesis. Básicamente se trata de la corrección de algunos términos empleados, de la clarificación de algunos argumentos desarrollados y de la supresión de ciertos comentarios superfluos que distorsionaban en algún modo los resultados presentados y las ideas expuestas.

Uno de los aspectos que menos trascienden de las discusiones que se originan durante la defensa de una tesis de esta disciplina geológica es la falta de consenso sobre el significado y el empleo de determinados términos científicos, que puede dar lugar a interpretaciones erróneas. En este sentido, esta edición representa una magnífica ocasión para expresar de forma razonada la acepción que algunos términos tienen para el autor, que puede divergir del sentido con el que son utilizados por otros científicos hispanohablantes. Este razonamiento queda recogido en un nuevo anejo que no estaba incluido en la disertación original (anejo I en este volumen).

**RECRISTALIZACIÓN Y DEFORMACIÓN DE LITO-  
LOGÍAS SUPRACORTICALES SOMETIDAS A META-  
MORFISMO DE ALTA PRESIÓN (COMPLEJO DE  
MALPICA-TUY, NO DE ESPAÑA)**



# ÍNDICE

## PRIMERA PARTE: Planteamiento

<b>CAPÍTULO I: Presentación</b> .....	27
Objetivos .....	29
Metodología .....	30
Situación geográfica del área de estudio .....	33
Marco geológico regional .....	35
<b>CAPITULO II: El Complejo de Malpica-Tuy</b> .....	41
Antecedentes .....	43
Definición .....	46
La Unidad Oceánica .....	47
<i>Metabasitas</i> .....	47
<i>Micaesquistos</i> .....	59
La Unidad Continental .....	63
<i>Rocas ortoderivadas</i> .....	63
<i>Corneanas</i> .....	64
<i>Metasedimentos</i> .....	66
<i>La serie sedimentaria de Xareira</i> .....	70
El paraautóctono adyacente .....	71

**SEGUNDA PARTE: Caracterización de las litologías ortoderivadas de la Unidad Continental**

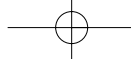
<b>CAPÍTULO III: Petrografía y mineralogía</b> .....	81
Introducción. ....	83
Ortogneises peralcalinos .....	83
Ortogneises con anfíbol. ....	92
<i>Gneises con magnetita</i> .....	97
<i>Enclaves máficos microgranudos.</i> .....	97
Gneises graníticos .....	103
<i>Gneises glandulares</i> .....	105
Enclaves máficos microgranudos .....	108
<i>Gneises planolineares.</i> .....	110
Gneises sin porfiroclastos de albita. ....	110
Gneises con porfiroclastos de albita .....	112
<i>Gneises bandeados</i> .....	115
Metagranodioritas y gneises granodioríticos .....	120
<i>Metagranodioritas</i> .....	121
<i>Venas inyectadas en corneanas</i> .....	126
<i>Enclaves máficos microgranudos.</i> .....	128
<i>Ortogneises granodioríticos con biotita</i> .....	128
<i>Ortogneises granodioríticos sin biotita</i> .....	131
<i>Gneises planolineares sin biotita</i> .....	134
Metatrandhjemitas y otras litologías menores .....	140
Ortogneises eclogíticos .....	145
Las rocas básicas .....	158
<i>Eclogitas</i> .....	159
<i>Glaucofanitas con granate y rocas relacionadas.</i> .....	195
<i>Anfibolitas con relictos de eclogita</i> .....	210
<i>Metagabros anfibolitizados</i> .....	213
<b>CAPÍTULO IV: Geoquímica</b> .....	219
Introducción, .....	221
Geoquímica elemental de litologías máficas .....	221
<i>Clasificación y caracterización química de los protolitos.</i> .....	221
<i>Variación química.</i> .....	226
Metabasitas subalcalinas .....	227
Litotipos de afinidad alcalina .....	230
Geoquímica elemental de litologías félsicas .....	234
<i>Clasificación y caracterización química de los protolitos.</i> .....	234
<i>Asociaciones magmáticas.</i> .....	240

Asociación alcalina . . . . .	241
Asociación calcoalcalina . . . . .	247
Geoquímica isotópica . . . . .	252
<i>Muestras seleccionadas</i> . . . . .	253
<i>Resultados isotópicos</i> . . . . .	254
Interpretación petrogenética . . . . .	256
<i>Origen y evolución de los litotipos máficos</i> . . . . .	256
<i>Origen y evolución de la asociación alcalina</i> . . . . .	261
<i>Origen y evolución de la asociación calcoalcalina</i> . . . . .	264
Ambiente tectónico . . . . .	265

**TERCERA PARTE: Evolución geodinámica del Complejo de Malpica-Tuy**

<b>CAPÍTULO V: Estructuras tectónicas</b> . . . . .	273
Introducción . . . . .	275
Deformación por tectónica tangencial y estructuras N-S . . . . .	275
<i>Unidad Oceánica</i> . . . . .	276
Deformación en facies de las eclogitas (D1a) . . . . .	276
Deformación en facies de los esquistos azules (D1b) . . . . .	276
Deformación en condiciones anfibolíticas (D2) . . . . .	277
Deformación en facies de los esquistos verdes (D3) . . . . .	277
<i>Unidad Continental</i> . . . . .	278
Deformación en condiciones eclogíticas (D1) . . . . .	278
Deformación en condiciones anfibolíticas (D2) . . . . .	279
Deformación en facies de los esquistos verdes (D3) . . . . .	281
<i>Autóctono relativo (fase de deformación D4)</i> . . . . .	281
Deformación compresiva y estructuras E-O . . . . .	282
<i>Pliegues de plano axial subvertical (D5)</i> . . . . .	282
<i>Fracturación tardía</i> . . . . .	284
Cinemática de la deformación por tectónica tangencial . . . . .	284
<i>Unidad Oceánica</i> . . . . .	284
<i>Unidad Continental</i> . . . . .	286
<i>Paraautóctono adyacente</i> . . . . .	287
<b>CAPÍTULO VI: Termobarometría</b> . . . . .	289
Introducción . . . . .	291
Unidad Oceánica . . . . .	292
<i>Metamorfismo en facies de las eclogitas (M1)</i> . . . . .	292
<i>Metamorfismo en facies de los esquistos azules (M2)</i> . . . . .	293

<i>Metamorfismo en facies de las anfibolitas con epidota (M3)</i> . . . . .	295
<i>Metamorfismo en facies de los esquistos verdes (M4)</i> . . . . .	295
Unidad Continental . . . . .	295
<i>Metamorfismo eclogítico precinemático (M1)</i> . . . . .	295
<i>Metamorfismo eclogítico sincinemático (M2)</i> . . . . .	297
<i>Metamorfismo en facies de las anfibolitas con epidota (M3)</i> . . . . .	298
<i>Metamorfismo en facies de los esquistos verdes (M4)</i> . . . . .	299
<b>CAPÍTULO VII: Geocronología</b> . . . . .	301
Introducción, . . . . .	303
<i>El concepto de la temperatura de cierre</i> . . . . .	303
Estudios geocronológicos previos. . . . .	305
Resultados isotópicos . . . . .	307
<i>Unidad Oceánica</i> . . . . .	307
<i>Unidad Continental</i> . . . . .	308
<i>Autóctono</i> . . . . .	316
Significado geológico de las edades obtenidas. . . . .	317
<i>Unidad Oceánica</i> . . . . .	318
<i>Evolución de la Unidad Continental</i> . . . . .	318
<i>Magmatismo varisco sintectónico</i> . . . . .	325
<i>Deformación varisca postrera (D5)</i> . . . . .	326
<i>Magmatismo varisco postectónico</i> . . . . .	326
<i>Procesos complejos en los gneises peralcalinos</i> . . . . .	327
Conclusiones . . . . .	328
<i>Comportamiento del sistema isotópico del argón</i> . . . . .	328
<b>CAPÍTULO VIII: Modelo geodinámico</b> . . . . .	331
El margen de Gondwana . . . . .	333
Subducción continental . . . . .	333
Exhumación por recuperación isostática. . . . .	334
Yuxtaposición de unidades tectónicas. . . . .	335
Últimas fases de deformación y eventos térmicos . . . . .	335
Integración en modelos tectónicos regionales . . . . .	336
<b>CAPÍTULO IX: Conclusiones generales</b> . . . . .	341
La Unidad Oceánica . . . . .	343
La Unidad Continental . . . . .	344
<i>Características de los protolitos</i> . . . . .	344
<i>Evolución tectónica</i> . . . . .	345



<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	347
<b>ANEJO I. Conceptos y acepciones</b> .....	375
<b>ANEJO II. Microestructuras y mecanismos de deformación mineral</b> .....	383
<b>ANEJO III. Coordenadas de afloramientos de interés referidos en la memoria</b> .....	395
<b>ANEJO IV. Análisis químicos de fases minerales</b> .....	399
<b>ANEJO V. Análisis de química elemental e isotópica en roca total</b> .....	519
<b>ANEJO VI. Análisis isotópicos de argón en concentrados minerales</b> .....	533
<b>LÁMINAS DE FOTOS</b> .....	543

