



serie NOVA TERRA

nº 15

O CASTRO 1999

EVOLUCION TECTONOTERMAL DEL  
DOMO GNEISICO DEL TORMES,  
SALAMANCA, NO DEL MACIZO IBERICO

Javier Escuder Viruete

**LABORATORIO XEOLÓXICO DE LAXE**

**serie / NOVA TERRA**

**EVOLUCIÓN TECTONOTERMAL DEL DOMO  
GNEÍSICO DEL TORMES, SALAMANCA,  
NO DEL MACIZO IBÉRICO**

**IMPLICACIONES PARA LA HISTORIA  
COMPRESIONAL Y EXTENSIONAL  
DE LA ZONA CENTRO IBÉRICA**

**Javier Escuder Viruete**

AREA DE XEOLOXÍA E MINERÍA DO SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS

**O CASTRO 1999**



**EDIÇÃO DO CASTRO**

Sada - A Coruña

ISBN: 84-7492-930-X

Depósito Legal: C - 1.427 - 1999

Gráficas do Castro/Moret, S. L.

O Castro. Sada. A Coruña. 1999

Porfiroblasto de andalucita Sin-D2 con microtextura en «Snow Ball»

Portada: Carlos Silvar

J. R. Vidal Romaní

### FICHA CATALOGACIÓN

ESCUDEIR VIRUETE, Javier

Evolución tectonotermal del Domo gneísico del Tormes, Salamanca, NO del Macizo Ibérico: Implicaciones para la historia compresional y extensional de la zona Centro Ibérica. -- A Coruña : Laboratorio Xeolóxico de Laxe . Área de Xeoloxía e Minería do Seminario de Estudos Galegos , 1999

386 p : il; mapas; láminas color 24 cm .-- (Serie Nova Terra, 15)

Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza.-- Bibliografía . Índice

ISBN 84-7492-930-X

1. Evolución tectonotermal hercínica , 2. Domo gneísico del Tormes ,
3. Tectónica compresional colapso extensional , 4. Salamanca ,
5. NO Macizo Ibérico

## **DATOS DE LA TESIS**

**Autor:** Javier Escuder Viruete

**Título:** Evolución tectonotermal del Domo Gneísico del Tormes, Salamanca, NO del Macizo Ibérico.

**Directores:** Ricardo Arenas Martín, Depto. Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense de Madrid. José Ramón Martínez Catalán, Depto. de Geología, Universidad de Salamanca. Marcelino Lago San José, Depto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza.

### **Doctores componentes del Tribunal**

**Presidente:** José Ignacio Gil Ibarguchi

**Vocales:** César Casquet Martín, Aphrodite Indares, Roberto Rodríguez Fernández

**Secretario:** Andrés Pocoví

**Defensa de la tesis:** Zaragoza, 16 de Mayo 1995

**Calificación:** Apto cum laude.

**EVOLUCIÓN TECTONOTERMAL DEL DOMO  
GNEÍSICO DEL TORMES, SALAMANCA,  
NO DEL MACIZO IBÉRICO**

**IMPLICACIONES PARA LA HISTORIA  
COMPRESIONAL Y EXTENSIONAL  
DE LA ZONA CENTRO IBÉRICA**

**Javier Escuder Viruete**

# ÍNDICE

	<i><u>Página</u></i>
AGRADECIMIENTOS .....	7

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA ESTUDIADA .....	19
1.2. SUBDIVISIÓN DEL NO DEL MACIZO IBÉRICO .....	20
1.3. LA TECTÓNICA EXTENSIONAL EN ÁREAS OROGÉNICAS COMPRESIONALES .....	23
1.4. OBJETIVOS DE LA TESIS .....	24
1.5. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	24
1.6. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA CARTOGRAFIADA .....	25
1.7. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS .....	28
1.8. TRABAJOS PREVIOS EN EL ÁREA CARTOGRAFIADA .....	28

## CAPÍTULO II EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL DEL DOMO GNEÍSICO DEL TORMES

2.1. INTRODUCCIÓN .....	33
2.1.1. Unidades tectónicas del DGT .....	33
2.1.1.1. Unidad Superior .....	34
2.1.1.2. Unidad Inferior .....	38
2.2. GEOMETRÍA Y CINEMÁTICA DEL DGT .....	40
2.2.1. Introducción .....	40
2.2.2. Estructuras relacionadas con la compresión (D1) .....	42
2.2.2.1. Estructuras D1 en la Unidad Superior .....	42
2.2.2.2. Estructuras D1 en la Unidad Inferior .....	50
2.2.2.3. Interpretación de la deformación D1 .....	56

2.2.3. Estructuras relacionadas con la extensión (D2) .....	58
2.2.3.1. Tectónica extensional: la zona de cizalla dúctil .....	58
2.2.3.2. Tectónica extensional: «detachments» normales de bajo grado superpuestos .....	60
2.2.3.3. La deformación D2 en la Unidad Superior .....	64
2.2.3.4. La deformación D2 en la Unidad Inferior .....	68
2.2.3.5. Interpretación de la deformación D2 en la Unidad Superior e Inferior .....	74
2.2.3.5.1. Interpretación del análisis de la deformación D2 .....	74
2.2.3.5.2. Cizallamiento dúctil extensional D2 .....	76
2.2.3.5.3. Marco deformacional de la deformación D2 .....	78
2.2.3.5.4. «Doming» de la zona milonítica .....	78
2.2.3.5.5. Cronología de la deformación D2 .....	79
1.2.4. Estructuras tardías (D3 y D4) .....	81
1.2.4.1. La deformación D3 .....	81
1.2.4.2. Las zonas de cizalla transcurrentes senestras post-D3 .....	83
1.2.4.3. La deformación D4 .....	85
1.2.4.4. Interpretación de las deformaciones tardías .....	87

### **CAPÍTULO III**

#### **MICROFÁBRICAS**

3.1. INTRODUCCIÓN .....	93
3.2. VARIACIONES MICROESTRUCTURALES EN EL DGT .....	93
3.2.1. Unidad inferior .....	95
3.2.1.1. Microfábricas pre- y sin-pico térmico del metamorfismo .....	95
3.2.1.2. Microfábricas post-pico térmico del metamorfismo .....	96
3.2.1.3. Fábricas de ejes C del cuarzo .....	99
3.2.2. Unidad Superior .....	101
3.3.3. Indicadores de la no-coaxialidad de la deformación D2 .....	105
3.3. RELACIONES ENTRE PORFIROBLASTOS Y FOLIACIÓN DE LA MATRIZ .....	108
3.3.1. Naturaleza de los minerales incluidos .....	109
3.3.2. Morfología de las inclusiones en porfiroblastos .....	109
3.3.3. Relaciones seudomórficas .....	114
3.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	114

## CAPÍTULO IV

## EVOLUCIÓN METAMÓRFICA DEL DOMO GNEÍSICO DEL TORMES

4.1. INTRODUCCIÓN .....	121
4.2. EL METAMORFISMO EN LA UNIDAD SUPERIOR .....	122
4.2.1. El metamorfismo en las rocas metapelíticas y semipelíticas de la Unidad Superior .....	123
4.2.1.1. Asociaciones minerales y zonas metamórficas en metapelitas ..	124
4.2.1.2. Red petrogenética para rocas metapelíticas .....	128
4.2.3. Asociaciones minerales en rocas calcosilicatadas .....	130
4.2.4. Evolución de las condiciones P-T en la Unidad Superior .....	130
4.2.4.1. El metamorfismo sincinemático con D1 (M1) .....	130
4.2.4.2. El metamorfismo sincinemático con D2 (M2) .....	132
4.2.4.3. El metamorfismo sincinemático con D3 (M3) .....	135
4.3. EL METAMORFISMO EN LA UNIDAD INFERIOR .....	135
4.3.1. Introducción .....	135
4.3.2. El metamorfismo en los diferentes tipos litológicos de la Unidad Inferior .....	136
4.3.2.1. El metamorfismo en rocas pelíticas y cuarzo-feldespáticas ....	136
4.3.2.1.1. Red petrogenética para rocas metapelíticas .....	137
4.3.2.1.2. Secuencia de reacciones de fusión .....	137
4.3.2.1.3. Reacciones tardías .....	141
4.3.2.2. El metamorfismo en gneises calcosilicatados .....	141
4.3.2.2.1. Asociaciones minerales .....	142
4.3.2.2.2. Evolución metamórfica durante el metamorfismo M2 ..	143
4.3.2.2.3. Discusión sobre la fuente de los fluidos ricos en H <sub>2</sub> O durante el M2 .....	145
4.3.2.3. El metamorfismo en ortogneises tonalítico-trondhjemíticos ....	148
4.3.2.3.1. Asociaciones minerales .....	148
4.3.2.3.2. Evolución metamórfica durante el metamorfismo M2 ..	149
4.3.2.3.3. Discusión sobre las relaciones entre la deformación D2 y la migmatización .....	154
4.3.2.4. El metamorfismo en ortoanfibolitas .....	155
4.3.3. Zonación química en Granates .....	156
4.3.3.1. Introducción .....	156
4.3.3.2. Perfiles químicos de granates de la Unidad Inferior del DGT ...	157
4.3.3.2.1. Granates con zonado de crecimiento .....	158
4.3.3.2.2. Granates con zonado por difusión .....	158
4.3.3.3. Variaciones composicionales de los minerales de la matriz ....	169
4.3.3.4. Interpretación del zonado químico en los granates de la Unidad Inferior .....	172
4.3.4. Geotermobarometría .....	175
4.3.4.1. Introducción .....	175
4.3.4.2. Geotermobarometría en granates zonados por difusión .....	177



4.3.4.2.1. Evaluación del equilibrio químico durante el pico del metamorfismo .....	178
4.3.4.2.2. Mecanismos de reequilibrio durante el enfriamiento .	181
4.3.4.2.3. Reacciones de intercambio y de transferencia en el sistema MnNCKFMASH .....	183
4.3.2.2.4. Reacciones de intercambio en el sistema MnNCKFMASH .....	185
4.3.4.2.5. Factores que influyen en el equilibrio granate-biotita: implicaciones geotermométricas .....	187
4.3.4.2.6. Factores que influyen en el equilibrio granate-plagioclasa: implicaciones geobarométricas .....	190
4.3.4.3. Métodos geotermobarométricos en granates con zonado por difusión .....	191
4.3.4.3.1. Determinación de puntos P-T .....	193
4.3.4.3.2. Determinación de trayectorias P-T .....	193
4.3.4.3.3. Geotermobarometría granate-biotita en rocas ricas en Mn .	195
4.3.4.3.4. Resultados .....	197
4.3.4.4. Discusión de los resultados geotermobarométricos en la Unidad Inferior .....	204
4.3.4.4.1. Validez de los resultados termobarométricos .....	204
4.3.4.4.2. Reconstrucción de la trayectoria P-T .....	207
4.3.4.5. Termobarometría en granates con zonado de crecimiento .....	209
4.3.4.5.1. Estado de equilibrio durante el crecimiento de los granates .....	210
4.3.4.6. Método de cálculo de trayectorias P-T en Granates con zonados de crecimiento .....	214
4.3.4.6.1. Determinación de las condiciones iniciales .....	215
4.3.4.6.2. Solución del sistema de ecuaciones .....	216
4.3.4.6.3. Resultados .....	220
4.3.4.6.3.1. Geotermobarometría en los bordes de los minerales .....	220
4.3.4.6.3.2. Resultados de la modelización termodinámica de trayectorias P-T .....	226
4.3.4.7. Discusión de los resultados geotermobarométricos en granates zonados pro crecimiento .....	230
4.3.4.7.1. Reconstrucción de la trayectoria P-T .....	230
4.3.4.7.2. Incertidumbre en los cálculos de la trayectoria P-T ..	231
4.3.4.8. Evolución de las condiciones P-T en la Unidad Inferior .....	232
4.3.4.8.1. El metamorfismo sincinemático a D1 (M1) .....	232
4.3.4.8.2. El metamorfismo sincinemático a D2 (M2) .....	233
4.3.4.8.3. El metamorfismo sincinemático a D3(M3) .....	234
4.3.4.8.4. El metamorfismo sincinemático a D4 (M4) .....	234
4.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	234
4.4.1. Metamorfismo M2 asociado con extensión cortical .....	239

**CAPÍTULO V**  
**MODELOS TÉRMICOS UNIDIMENSIONALES**

5.1. INTRODUCCIÓN .....	243
5.1.1. Modelos térmicos de metamorfismo regional .....	244
5.1.2. Modelos térmicos para el metamorfismo de BP/AT .....	245
5.2. ECUACIÓN DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR: SOLUCIONES ANALÍTICAS .....	248
5.2.1. Unidad Inferior .....	249
5.2.2. Unidad Superior .....	251
5.3. SOLUCIÓN NUMÉRICA: MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS FINITAS EXPLÍCITAS .....	255
5.3.1. Configuración termal pre-engrosamiento cortical .....	257
5.3.2. Modelo de engrosamiento cortical .....	259
5.3.3. Evolución térmica de la corteza continental engrosada .....	259
5.3.4. Evolución termal de la corteza adelgazada .....	260
5.3.5. Evolución térmica tardía controlada por la erosión .....	265
5.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	265

**CAPÍTULO VI**

**EVOLUCIÓN TECTONOTERMAL DEL DOMO GNEÍSIKO DEL TORMES:  
DISCUSIÓN Y SÍNTESIS**

6.1. MODELO TECTONOTERMAL DEL DGT .....	271
6.2. CONCLUSIONES .....	276

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	277
---------------------------	-----

<b>APÉNDICE A:</b> Descripción petrográfica de los tipos litológicos más relevantes de la unidad inferior .....	299
---	-----

<b>APÉNDICE B:</b> Procedimientos analíticos realizados con la microsonda electrónica ..	307
--	-----

<b>APÉNDICE C:</b> Análisis minerales representativos por microsonda electrónica ....	311
---	-----

<b>APÉNDICE D:</b> Química mineral .....	321
--	-----

<b>APÉNDICE E:</b> Geotermómetro granate-biotita de Williams y Grambling (1990) ..	331
--	-----

<b>APÉNDICE F:</b> Descripción del modelo termodinámico .....	335
---	-----

<b>APÉNDICE G:</b> Descripción del modelo térmico numérico .....	347
--	-----

<b>LÁMINAS DE FOTOS</b> .....	353
-------------------------------	-----