

Serie / NOVA TERRA

**EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y CINEMÁTICA DE UNA
CORTEZA CONTINENTAL SUBDUCIDA: LA UNIDAD DE
MALPICA-TUI (NO DEL MACIZO IBÉRICO)**

Rubén Díez Fernández

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE GEOLOGÍA “ISIDRO PARGA PONDAL”
ÁREA DE XEOLOXÍA E MINERÍA DO SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS

A Coruña 2011

ISSN: 1131-8503
ISBN: 978-84-9749-430-4

Imprime: Tórculo
A Coruña, 2011

Ilustración de cubierta:

Lámina delgada de la foliación de alta presión y media temperatura en los gneises eclogíticos (Pedra Chan, Encoro da Fervenza, A Coruña). Fósil de la subducción continental del margen Ibérico de Gondwana durante el Paleozoico Superior. (Fotografía Rubén Díez Fernández)

Editor científico: Juan Ramón Vidal Romaní
Maquetación: Rubén Díez Fernández
Portada: Juan Ramón Vidal Romaní

FICHA DE CATALOGACIÓN

DÍEZ FERNÁNDEZ, Rubén

Evolución estructural y cinemática de una corteza continental subducida: la Unidad de Malpica-Tui (NO del Macizo Ibérico).

228 pp.; 58 fig.; 28 fot.; tablas 8; 2 mapas; 24 cm; (Serie Nova Terra; 40)

Tesis Doctoral de la Universidad de Salamanca – Bibliografía: p. 203– 228 -Incluye índice. (Editor científico: Juan Ramón Vidal Romaní)

ISBN: 978-84-9749-430-4 D.L.: C 100-2011

ISSN: 1131-8503

1. Unidad Malpica-Tui 2. Complejos alóctonos de Galicia 3. Unidad basal del Complejo de Órdenes 4. Subducción margen continental de Gondwana 5. Cabalgamientos ductiles 6. Convergencia Gondwana-Laurrusia 7. Paleozoico superior

I. Vidal Romaní, Juan Ramón, ed. II. Instituto Universitario de Geología, Universidad da Coruña, ed. III. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, Área de Xeoloxía e Minería do Seminario de Estudos Galegos, ed. IV. Universidade de Salamanca, ed. V. Serie: (Nova Terra, 40) VI. Tít.

AGRADECIMIENTOS

Una tesis doctoral es un trabajo del que probablemente ninguno de los que comenzamos a hacerlo somos conscientes de la entrega profesional, y sobretodo personal, que conlleva. Agradezco a Jacobo, Ricardo y muy en especial a José Ramón, la respuesta en igual e incluso mayor medida a las exigencias que el comprometerse a dirigir una tesis doctoral tiene en todos los planos de la vida, que hizo de esa entrega una realidad diaria menos dura. Quiero poner de relieve su disposición, ayuda, comprensión, experiencia y buen hacer siempre que fue necesario, y destaco por encima de todo su calidad humana. Os habéis portado muy bien conmigo y es justo reconocéroslo en estas líneas.

Es bien conocido el talento que tiene José Ramón, Baby entre colegas, para la geología estructural. Sin embargo, quiero resaltar sus impagables dotes de dirección y formación en el ámbito académico y científico. Espero con este trabajo poder compensar al menos en parte esa gran labor de mentor. Aunque será difícil, ya que jamás podré estarle suficientemente agradecido por el mero hecho de haberme ofrecido la oportunidad, no sólo de hacer un trabajo de campo en un lugar como las rías baixas de Galicia, sino de haberlo podido llevar a cabo con la libertad y el detalle que refleja esta memoria. Soy consciente de que ha sido y será una experiencia formativa irrepetible.

Juan, tío, mucho hemos hablado y no poco hemos aprendido el uno del otro en estos pocos años. Agradezco tu ayuda con las muestras en mis inicios, durante la tesina. Pero valoro mucho más la lección que he aprendido contigo en los últimos meses de tesis, y es que la comunicación y discusión científica entre iguales es una de las herramientas de aprendizaje más eficaces.

Así mismo quiero agradecer las oportunidades de colaboración en trabajos de investigación afines, y no tan afines, con mi tesis que me han brindado o aceptado los colegas de Salamanca y Madrid (José Ramón, Ricardo, Jacobo, Juan, Pedro, Sonia, Cesar, Alicia y Chema), a los que también agradezco el apoyo y buenos ratos durante todos estos años. Es difícil contener la tendencia a la expansión de un doctorando, pero en este caso creo que entre todos se ha conseguido un buen equilibrio. Tengo presente que esas colaboraciones también están detrás de unas ganas de ayudarme en todo lo que os fue posible. Así mismo, agradezco a los colegas del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Complutense de Madrid la ayuda prestada durante mi estancia allí. Fueron meses de mucho trabajo, pero guardo de todos ellos un grato recuerdo.

Aprovecho para agradecer a Axel la plena disposición e interés mostrados durante mis estancias en Alemania. Aprecio mucho el esfuerzo por enseñarme a trabajar con los isótopos de U-Pb y Hf, sobretodo dentro de una agenda tan apretada, y más aún el haber conseguido poner a mi disposición, con toda la demanda que tenía, el láser del departamento de mineralogía y geoquímica de Frankfurt. De igual modo, agradezco la calidez y ayuda ofrecidas por la gente de ese mismo departamento.

Debo mucho a mis compañeros de despacho de estos últimos años, tanto a Natalia como a Daniel. Una tesis resulta siempre más agradable si se hace en buena compañía. Ambos habéis contribuido con grandes dosis de buen rollo a crear un clima de trabajo que ya quisieran muchos... Pero tampoco quiero olvidarme del resto de colegas del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, y en especial, del Área de Geodinámica Interna, con los que estoy también en deuda por haber contribuido significativamente en mi formación como geólogo.

No quiero olvidarme de Javier, Iñaki, Charlie y Peter, ya que ellos me mostraron por primera vez algunos de los afloramientos clave de la Fosa. Espero y deseo que esta tesis sirva de homenaje y reconocimiento a vuestros trabajos previos en esta zona, por los que siento una gran admiración.

Agradezco profundamente la inyección de ánimo que supuso el reconocimiento externo de la calidad de algunos resultados incluidos en esta tesis a los editores del Journal of Structural Geology. Además, destaco positivamente las labores de revisión realizadas por Jürgen F. von Raumer, Brendan Murphy, Damian Nance y un revisor anónimo en la publicación de dos de los artículos derivados directamente del trabajo de estos años, de las cuales también se ha beneficiado este manuscrito.

Guardo con cariño y para siempre el apoyo y confianza que mis padres depositaron en mí, una vez más, durante todo este periplo.

Montse, has sido, sin lugar a dudas, la mejor compañera de viaje posible. Has entendido los sacrificios, frustraciones y alegrías, y me has ayudado como nadie a superar los obstáculos y retos de todos estos años. Esto no habría sido posible sin ti.

Gracias a todos

Dedicado a Floro, un pionero de la geología de Galicia.

Esta tesis doctoral ha sido financiada por los proyectos de investigación CGL2004-04306-C02-01/BTE y CGL2007-65338-C02-02/BTE, junto con una Beca de investigación del M.E.C., subprograma sectorial de Formación de Profesorado Universitario (FPU).

ÍNDICE

Resumen / Abstract	1
1. Introducción	3
1.1. Situación geográfica.....	3
1.2. Contexto geológico	3
1.2.1. Macizo Ibérico	5
1.2.2. Zona de Galicia-Trás-os-Montes	6
1.2.3. Complejos Alóctonos	6
1.2.4. Las unidades basales de los Complejos Alóctonos	8
1.2.5. La Unidad de Malpica-Tui (UMT)	10
1.3. Objetivos.....	11
1.4. Metodología.....	12
2. The sediments of the basal allochthonous units: stratigraphy and zircon age populations	15
2.1. Geological setting for pre-Variscan sediments in Northwest Iberia	15
2.2. The stratigraphic succession of the basal units.....	16
2.2.1. The Lower sequence	17
2.2.2. The Upper sequence.....	18
2.2.3. Significance of the sedimentary record.....	18
2.3. U-Pb detrital zircon ages. Sample description.....	19
2.4. Analytical methodology: U-Pb zircon dating	20
2.4.1. LA-ICP-MS U-Pb dating	21
2.5. Age spectra	22
2.5.1. The greywackes of the Lower sequence	22
2.5.2. The quartzites of the Lower sequence	22
2.5.3. The sediments of the Upper sequence	26
2.6. Data integration and geological implications	26
2.6.1. Ages and geodynamic setting	26
2.6.2. Paleogeographic constraints.....	28
2.7. Conclusions: A starting point for deciphering Variscan tectonics in the basal units.....	31
3. Unidades cartográficas: descripción macroscópica	33
3.1. Metasedimentos de la Unidad de Malpica-Tui	34
3.1.1. Metagrauvascas de la Lámina Inferior	36
3.1.2. Esquistos y paragneises con porfiroblastos de plagioclasa de la Lámina Inferior	36
3.1.3. Anfibolitas de la Lámina Superior	38
3.1.4. Micaesquistos de la Lámina Superior	41
3.2. Ortogneises calcoalcalinos.....	43
3.2.1. Ortogneises graníticos.....	45
3.2.2. Ortogneises granodioríticos	47
3.2.3. Ortogneises eclogíticos	49
3.3. Ortogneises alcalinos y peralcalinos.....	50
3.3.1. Ortogneises peralcalinos	51
3.3.2. Ortogneises alcalinos	53
3.3.3. Singularidad estructural de los plutones alcalinos	54

3.4. Eclogitas, retroeclogitas y anfibolitas de la Lámina Inferior	55
3.5. Metasedimentos y ortogneises del autóctono relativo	57
3.5.1. Esquistos	58
3.5.2. Migmatitas paraderivadas	58
3.5.3. Ortogneises glandulares	60
3.6. Unidades ofiolíticas	60
3.7. Granitoides variscos.....	61
3.7.1. Granitoides sincinemáticos	62
3.7.2. Granitoides postcinemáticos	64
4. Análisis microestructural	65
4.1. Bases del análisis tectonometamórfico	65
4.1.1. Aproximación mesoscópica a la evolución tectónica	65
4.1.2. Bases de nomenclatura microestructural	66
4.2. Análisis y evolución microestructural de la Lámina Inferior	66
4.2.1. Esquistos y paragneises con porfiroblastos de albita	66
4.2.2. Ortogneises graníticos.....	72
4.2.3. Ortogneises granodioríticos	75
4.2.4. Ortogneises eclogíticos	77
4.2.5. Ortogneises peralcalinos	79
4.2.6. Ortogneises alcalinos	81
4.2.7. Metabasitas	83
4.3. Análisis y evolución microestructural de la Lámina Superior.....	87
4.3.1. Anfibolitas de Cambre	87
4.3.2. Micaesquistos.....	88
4.4. Análisis y evolución microestructural del autóctono relativo	91
4.4.1. Metasedimentos	91
4.4.2. Ortogneises glandulares	94
4.5. Lineaciones y caracterización cinemática secuencial.....	94
4.5.1. Lineaciones y cinemática en fábricas $S_1; L_1$	94
4.5.2. Lineaciones y cinemática en fábricas $S_2; L_2$	95
4.5.3. Lineaciones y cinemática en fábricas $S_E; L_E$	97
4.5.4. Lineaciones y cinemática en fábricas $S_3; L_3$	100
4.6. Evolución tectonometamórfica de las unidades basales en la UMT.....	100
4.6.1. Síntesis microestructural.....	100
4.6.2. Registro metamórfico de la subducción eo-varisca en la Unidad de Malpica-Tui	102
4.6.3. Síntesis metamórfica (trayectorias P-T-t).....	104
4.7. Evolución tectonometamórfica del autóctono relativo	108
4.8. Integración cronológica de los eventos tectonometamórficos.....	109
5. Análisis macroestructural I:	
pliegues recumbentes y cabalgamientos corticales	111
5.1. Marco estructural	111
5.2. Análisis estructural del sector meridional.....	113
5.2.1. Los pliegues recumbentes: aproximación geométrica	113
5.2.2. Análisis de los patrones cartográficos.....	120
5.2.3. Renderizado y restitución 3D de los ortogneises.....	123
5.3. Análisis estructural del sector central	127

5.4. Análisis estructural del sector septentrional	129
5.5. Integración regional de la estructura de pliegues recumbentes	137
5.6. Exhumación de las unidades basales: aspectos estructurales	141
5.7. Distribución del metamorfismo de alta presión: aspectos petrológicos de la exhumación	144
5.8. Modelo de exhumación contraccional de las unidades basales	148
6. Análisis macroestructural II: despegues extensionales	153
6.1. El despegue basal de la Lámina Superior: el despegue de Bembibre-Ceán	153
6.1.1. Zonación estructural.....	153
6.1.2. Cinemática	154
6.1.3. Caracterización geométrica.....	156
6.1.4. Registro tectonometamórfico.....	157
6.2. La extensión en la base de la Unidad de Malpica-Tui.....	159
6.2.1. Zonación estructural.....	159
6.2.2. Cinemática	161
6.2.3. Caracterización geométrica.....	163
6.2.4. Registro tectonometamórfico.....	166
6.3. Colapso extensional: aplicación al caso de estudio	167
6.3.1. Sistema de despegues extensionales en el domo de Padrón	167
6.3.2. Significado orogénico e implicaciones para el Noroeste del Macizo Ibérico	169
7. Análisis macroestructural III: tectónica transcurrente	173
7.1. La cizalla transcurrente de Malpica-Tui	173
7.1.1. Estructuración regional.....	173
7.1.2. Cinemática general.....	174
7.1.3. Las cizallas senestras	176
7.1.4. Implicaciones de la tectónica transcurrente	177
7.2. La fracturación tardía.....	178
8. Evolución cinemática de las unidades basales.....	183
8.1. La lineación: bases para su interpretación en zonas de basamento	183
8.1.1. La lineación de estiramiento y la dirección y sentido de transporte tectónico.....	184
8.1.2. Relaciones con el plegamiento.....	185
8.1.3. Los atractores de fábrica	185
8.2. Las lineaciones y los pliegues de la UMT: restitución de elementos estructurales y flujo tectónico	186
8.2.1. Orientación regional de elementos lineares	186
8.2.2. Cinemática restituida de las fases de deformación	189
8.3. Evolución cinemática de las unidades basales.....	192
9. Modelo de evolución tectónica de las unidades basales de Galicia: implicaciones para la cadena varisca	193
10. Conclusiones / Conclusions	197

11. Bibliografía 203

Anexos

- Anexo I: Tablas de datos analíticos de U-Pb en circones detríticos
- Anexo II: Mapa Geológico
- Anexo III: Cortes Geológicos

RESUMEN

La cadena Varisca surgió de la colisión entre Gondwana y Laurussia durante el Paleozoico Superior. El basamento del Macizo Ibérico preserva en su cuadrante noroccidental un conjunto de unidades alóctonas, a partir de las cuales puede estudiarse la evolución pre-varisca y varisca del margen externo de Gondwana. Este trabajo se centra en la parte más externa de este continente, que en España está representada por las unidades basales de los complejos alóctonos de Galicia. De hecho, estas unidades ofrecen una excelente oportunidad para estudiar la evolución tectónica de las zonas más internas de un orógeno colisional relacionado con el ensamblaje de un supercontinente, un evento global bien establecido, que ocurre cada cientos de millones de años.

El análisis del registro sedimentario de la Unidad de Malpica-Tui y parte de las unidades basales del Complejo de Órdenes, basado en datos de campo, petrográficos, e isotópicos (U-Pb en circones detríticos) ha permitido distinguir dos secuencias estratigráficas. La integración de la información previa disponible ha permitido entender la evolución geodinámica del margen norte de Gondwana durante el Neoproterozoico Superior y el Paleozoico Inferior.

A partir de la elaboración de cartografía estructural, el análisis microestructural y el estudio de la evolución metamórfica, se ha elaborado un modelo para la evolución varisca de las unidades basales, que incluye la subducción del margen continental de Gondwana, seguida de su exhumación y emplazamiento sobre sectores más internos de su margen mediante cabalgamientos dúctiles acompañados del desarrollo de pliegues recumbentes. Estos cabalgamientos fueron seguidos por otros que transfirieron los terrenos perigondwánicos más exóticos desde Laurussia y hacia Gondwana y después, por el colapso gravitacional de la cuña de colisión, que fue asistido por despegues extensionales y la formación de domos migmatíticos, seguidos del desarrollo de zonas de cizalla transcurrentes y grandes fracturas subverticales.

Se ha prestado atención especial a las lineaciones de estiramiento desarrolladas durante todo el proceso, poniendo de manifiesto cómo las sucesivas fases de deformación pueden controlar los patrones macro- y microestructurales finales en las zonas internas de un cinturón orogénico. Basándose en ese análisis, los criterios cinemáticos, la evolución macroestructural y las poblaciones de edad de circones detríticos usadas para deducir la paleoposición de los principales bloques continentales implicados en la colisión, se sugiere una componente de convergencia en dirección, dextra, entre Gondwana y Laurussia durante todo el Paleozoico Superior.

ABSTRACT

The Variscan belt rose from the collision between Gondwana and Laurussia during the Upper Paleozoic. The basement of the NW Iberian Massif preserves a set of allochthonous units, from which the pre-Variscan evolution of the external margin of Gondwana can be studied and the Variscan history and evolution established. This work is focussed on the outer edge of the Gondwana continent, which in Spain is represented by the basal units of the Galician allochthonous complexes. These units bring an excellent scenario to study the tectonic evolution of the more internal zones of a collisional orogen related to the assembly of a supercontinent, a well-known global event occurring once every several hundred million years.

The analysis of the sedimentary record of the Malpica-Tui Unit and part of the basal units of the Órdenes Complex, based on field, petrographic and isotopic (U-Pb in detrital zircons) data has shown the existence of two different stratigraphic sequences. Integrating the new information with the regional background permits to understand the geodynamic evolution of the northern margin of Gondwana during the Late Neoproterozoic and Lower Paleozoic.

A model based on structural mapping, combined with microstructural and metamorphic analysis has been developed for the Variscan evolution of the basal units. It includes the subduction of the continental margin of Gondwana, and the subsequent exhumation and emplacement over more internal parts of the margin via ductile thrusts accompanied by recumbent folding. These thrusts were followed by others that transferred the more exotic perigondwanan terranes from Laurussia to Gondwana and then, by the gravitational collapse of the collisional wedge, assisted by extensional detachments and the formation of migmatitic domes which preceded the development of strike-slip shear zones and sub-vertical faulting.

Special attention has been paid to the stretching lineations developed during the whole process, which show how the successive deformation phases may control the final macro- and microstructural patterns in the internal zones of an orogenic belt. Based on this analysis, plus the kinematic criteria, the macrostructural evolution and the age populations of detrital zircons used to constrain the paleoposition of the main continental blocks involved in the collision, a protracted component of dextral convergence is suggested for the whole Upper Paleozoic between Gondwana and Laurussia.