

**Serie / NOVA TERRA**

**La geología del Dominio “Ollo de Sapo”  
en las Comarcas de Sanabria y Terra do Bolo**

Alejandro Díez Montes

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

**A Coruña 2007**

ISBN: 978-84-933799-9-5  
Depósito Legal: C 3766-2007  
Imprime: Tórculo  
A Coruña, 2007

Fotografía de cubierta: Alejandro Díez Montes  
Ignimbrita con fábrica eutaxítica. Faramontanos de la Sierra (Sanabria, Zamora). Edad  $488 \pm 6$ Ma.

Editor científico: Juan Ramón Vidal Romani  
Maquetación: Alejandro Díez Montes  
Portada: Juan Ramón Vidal Romani

#### FICHA DE CATALOGACIÓN

DÍEZ MONTES, Alejandro

La Geología del Dominio "Ollo de Sapo" en las Comarcas de Sanabria y Terra do Bolo/Alejandro Díez Montes. Instituto Universitario de Geología, 2007.

506 pp.; 147 fig.; 215 fot.; 24 cm; (Serie Nova Terra; 34)

Tesis Doctoral de la Universidad de Salamanca y del Instituto Geológico y Minero de España. – Bibliografía: p. 392-421. –. Incluye Índice. Adjunta 3 mapas en sobre. [editor científico: Juan Ramón Vidal Romani]

ISBN: 978-84-933799-9-5 D.L.: C 3766-2007

1. Serie Viana do Bolo.–España. 2. Ollo de Sapo. 3. Petrografía. 4. Mineralogía. 5. Deformación. 6. Metamorfismo. 7. Rocas plutónicas. 8. Geoquímica. 9. Geocronología.

I. Vidal Romani, Juan Ramón, ed. II. Instituto Universitario de Geología (Universidad de Coruña), ed. III. Laboratorio Xeolóxico de Laxe, Área de Xeoloxía e Minería do Seminario de Estudos Galegos, ed. IV. IGME, ed. V Universidad de Salamanca. ed. VI Serie (Nova Terra, 34) VII Tit.

## **Agradecimientos**

*Un trabajo largo y paciente, que requiere de años, como es la realización de una Tesis Doctoral, no sería posible sin la guía, los consejos y la colaboración de muchas personas. Por eso, me gustaría expresar en estas líneas mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que de una forma u otra han contribuido a que ésta llegue a su fin y sea una realidad.*

*En primer lugar, a mis directores, José Ramón Martínez Catalán, del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, y a Félix Bellido Mulas, del Instituto Geológico y Minero de España, por su ayuda constante y su paciencia a lo largo de la investigación.*

*A Luis Roberto Rodríguez Fernández por las facilidades dadas para la realización de esta Tesis.*

*No quisiera olvidarme de Nemesio Heredia, Ángela Suárez, Gloria Gallastegui, Luis A. Quintana, Kilian Motis, Inmaculada Carmena, compañeros de la Oficina del IGME de León, lugar donde comenzó la realización de este trabajo, por las discusiones mantenidas y por sus sugerencias sobre algunos de los temas, que han enriquecido este trabajo, y sobre todo por su apoyo moral.*

*También quisiera expresar mi agradecimiento a Emilio Ariño y Miguel Ángel Fernández, por la disponibilidad y el buen trato recibido durante las jornadas de microsonda electrónica en la Universidad de Oviedo, así como a Andrés Cuesta Fernández, por las facilidades dadas y por el interés demostrado en esta investigación.*

*En segundo lugar, estoy agradecido a Pablo Valverde-Vaquero, por su ayuda e intercambio de impresiones sobre las dataciones de isótopos, tanto del “Olo de Sapo” como del metamorfismo.*

*Con igual gratitud, a Paco Rubio, por sus comentarios sobre temas comunes referentes a nuestras respectivas Tesis.*

*Expreso mi reconocimiento a Ricardo Arenas y a James E. Alcock, por las sugerencias aportadas sobre el metamorfismo de la zona de Sanabria.*

*No quisiera dejar al margen a Victorio Monteserín, por su amistad y sus inyecciones de moral.*

*Asimismo, doy las gracias a José A. Santamaría, que leyó el borrador y me hizo alguna corrección de estilo.*

*En tercer lugar, pero no el menos importante, he de agradecer de manera muy especial a mi familia y amigos, que tan frecuentemente han soportado las incomodidades que mi dedicación a esta tarea ha supuesto para todos, por el cariño, la comprensión, la paciencia y el sacrificio que han mostrado durante los años que ha durado la realización de este trabajo.*

*Por último, la presente Tesis Doctoral ha sido desarrollada en el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y en el Área de Geodinámica Interna de la Universidad de Salamanca. En el transcurso de la investigación el autor de esta memoria ha participado en dos proyectos, uno de ellos de investigación financiado en el marco del proyecto FEDER-CICYT 1FD97-0959-C03 (“Estudio geológico aplicado a la investigación de recursos mineros y de materias primas en las comarcas de El Bierzo, La Cabrera, Sanabria y Valdeorras”), y el otro corresponde a un proyecto interno del IGME, enmarcado dentro de la Dirección de Geología y Geofísica, en el cual se ha realizado la Hoja Geológica a escala 1:200.000 de Ponferrada (nº 18), lo que me ha servido para financiar las estancias en el campo, los análisis químicos y las dataciones isotópicas.*

# ÍNDICE

Página

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.- SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	3
1.2.- ENCUADRE GEOLÓGICO .....	8
1.3.- ANTECEDENTES .....	12
1.4.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....	15

## CAPÍTULO 2 LITOESTRATIGRAFÍA

2.- LITOESTRATIGRAFÍA .....	19
2.1.- SERIE DE “VIANA DO BOLO” .....	25
2.1.1.- Cuarzitas de Dradelo .....	26
2.1.2.- Micaesquistos con granate .....	27
2.1.3.- Gneises bandeados .....	28
2.1.4.- Mármoles .....	30
2.1.5.- Capas y “boudins” de rocas calcosilicatadas .....	31
2.2.- FORMACIÓN “OLLO DE SAPO” .....	33
2.2.1.- Ortogneises glandulares .....	34
2.2.1.1.- Ortogneises glandulares de la zona metamórfica de bajo grado .....	35
2.2.1.2.- Ortogneises glandulares de la zona metamórfica de alto grado .....	40
2.2.2.- Tobas de grano grueso .....	44
2.2.3.- Ignimbritas .....	47
2.2.4.- Tobas riolíticas .....	51
2.2.5.- Tobas epiclásticas y grauvacas volcanogénicas .....	52
2.3.- ORTOGNEISES GRANÍTICOS TIPO COVELO .....	55
2.4.- LA SEDIMENTACIÓN ORDOVÍCICA .....	58
2.4.1.- Capas de Los Montes .....	59
2.4.2.- Cuarzita Armoricana .....	63
2.4.3.- Pizarras de Luarca .....	64
2.5.- SILÚRICO .....	64
2.5.1.- Silúrico de la ZCI .....	64
2.5.2.- Silúrico de la ZGTM .....	64

## CAPÍTULO 3 PETROGRAFÍA

<b>3.- PETROGRAFÍA</b> .....	69
<b>3.1.- PETROGRAFÍA DE LA SERIE DE “VIANA DO BOLO”</b> .....	69
3.1.1.- Cuarzitas de Dradelo .....	69
3.1.2.- Micaesquistos con granate .....	71
3.1.3.- Gneises bandeados .....	73
3.1.4.- Areniscas grises .....	76
3.1.5.- Blastomilonitas .....	77
3.1.6.- Mármoles .....	79
3.1.7.- Capas y “boudins” de rocas calcosilicatadas .....	81
<b>3.2.- PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN “OLLO DE SAPO”</b> .....	84
3.2.1.- Ortogneises glandulares de la zona metamórfica de bajo grado .....	84
3.2.2.- Ortogneises glandulares de la zona metamórfica de alto grado .....	88
3.2.3.- Tobas de grano grueso .....	91
3.2.4.- Ignimbritas .....	94
3.2.5.- Tobas riolíticas .....	98
3.2.6.- Tobas epiclásticas y grauvacas volcánicas .....	99
<b>3.3.- PETROGRAFÍA DE LOS ORTOGNEISES GRANÍTICOS TIPO COVELO</b> .....	100
<b>3.4.- PETROGRAFÍA DE LOS METASEDIMENTOS ORDOVÍCICOS</b> .....	101
3.4.1.- Capas de Los Montes .....	101
3.4.2.- Cuarzita Armoricana .....	106
3.4.3.- Pizarras de Luarca .....	108
<b>3.5.- PETROGRAFÍA DE LOS MATERIALES SILÚRICOS</b> .....	108

## CAPÍTULO 4 MINERALOGÍA

<b>4. MINERALOGÍA</b> .....	111
<b>4.1.- PLAGIOCLASA</b> .....	113
4.1.1.- Serie de “Viana do Bolo” .....	113
4.1.2.- Formación “Ollo de Sapo” .....	116
<b>4.2.- BIOTITA</b> .....	120
4.2.1.- Serie de “Viana do Bolo” .....	120
4.2.2.- Formación “Ollo de Sapo” .....	128
<b>4.3.- MOSCOVITA</b> .....	132
4.3.1.- Serie de “Viana do Bolo” .....	132
4.3.2.- Formación “Ollo de Sapo” .....	140
<b>4.4.- GRANATE</b> .....	146
4.4.1.- Composición de los granates .....	146
4.4.2.- Zonación de los granates .....	150
4.4.3.- Granates de los “boudins” calcosilicatados .....	160

4.5.- PIROXENO .....	161
4.6.- ANFÍBOL .....	162
4.7.- CLORITA .....	164
4.8.- OLIVINO .....	164
4.9.- TITANITA .....	165
4.10.- EPIDOTA-CLINOZOISITA .....	165
4.11.- APATITO .....	170
4.12.- GEOTERMOMETRÍA Y GEOBAROMETRÍA .....	171
4.12.1.- Geotermómetro plagioclasa-moscovita .....	171
4.12.2.- Geotermómetro granate-biotita .....	172
4.12.3.- Geobarómetros para el equilibrio GASP .....	173

## CAPÍTULO 5 DEFORMACIÓN

5.- DEFORMACIÓN .....	177
5.1.- PRIMERA FASE DE DEFORMACIÓN (D1) .....	178
5.1.1.- Pliegues de primera fase .....	178
5.1.2.- Esquistosidad de primera fase (S1) en los metasedimentos .....	182
5.1.3.- Deformación y desarrollo de S1 en los ortogneises del “Ollo de Sapo” .....	183
5.2.- SEGUNDA FASE DE DEFORMACIÓN (D2) EN DOMINIOS SUPRACORTICALES .....	188
5.3.- SEGUNDA FASE DE DEFORMACIÓN (D2) EN DOMINIOS MESOCORTICALES .....	191
5.3.1.- Pliegues de segunda fase .....	191
5.3.2.- Esquistosidad de segunda fase (S2) .....	198
5.3.3.- Lineación mineral (Lm2) y de estiramiento de segunda fase .....	204
5.3.4.- Indicadores cinemáticos e interpretación .....	207
5.4.- TERCERA FASE DE DEFORMACIÓN (D3) .....	219
5.4.1.- Pliegues de tercera fase .....	219
5.4.2.- Esquistosidad de tercera fase (S3) .....	225
5.4.3.- Zonas de cizalla subverticales .....	226
5.5.- EL DESARROLLO TARDÍO DEL DOMO Y LA FALLA DE CHANDOIRO .....	227
5.5.1.- Caracterización microscópica de la deformación asociada a la Falla de Chandoiro .....	233
5.5.2.- Crenulación subhorizontal tardía (S4) .....	233
5.5.3.- Significado de la deformación extensional en la región de Sanabria .....	236
5.6.- OTROS SISTEMAS DE FRACTURAS .....	236

## CAPÍTULO 6 METAMORFISMO

6.- METAMORFISMO .....	241
------------------------	-----

<b>6.1.- ZONACIÓN METAMÓRFICA Y ASOCIACIONES MINERALES</b> .....	243
6.1.1.- Zona de la clorita .....	245
6.1.2.- Zona de la biotita .....	245
6.1.3.- Zona de la estauroлита-andalucita .....	250
6.1.4.- Zona de la sillimanita .....	253
6.1.5.- Zona de la sillimanita – feldespato potásico .....	255
6.1.6.- Asociaciones con distena .....	258
6.1.7.- Asociaciones minerales en rocas calcosilicatadas .....	260
<b>6.2.- EVOLUCIÓN METAMÓRFICA</b> .....	260
6.2.1.- Evolución de la unidad metamórfica superior (UMS) .....	261
6.2.2.- Evolución de la unidad metamórfica central (UMC) .....	262
6.2.3.- Evolución de la unidad metamórfica inferior (UMI) .....	264
6.2.4.- Interpretación de la evolución metamórfica .....	265

## CAPÍTULO 7 ROCAS PLUTÓNICAS VARISCAS

<b>7.- ROCAS PLUTÓNICAS VARISCAS</b> .....	271
<b>7.1.- GRANITOIDES PRECOCES</b> .....	277
7.1.1.- Macizo de Ribadelago .....	277
7.1.2.- Macizo de Quintana .....	280
7.1.3.- Macizo de Manzalvos-Castromil .....	280
<b>7.2.- GRANITOIDES SINCINEMÁTICOS MESO-CATAZONALES</b> .....	283
7.2.1.- Macizo de Hermisende-Padornelo .....	283
7.2.2.- Macizo de La Bouza .....	284
<b>7.3.- GRANITOIDES SINCINEMÁTICOS EPI-MESAZONALES</b> .....	286
7.3.1.- Macizo de Bembibre-Villarino .....	286
7.3.2.- Macizo de Chandoiro .....	287
7.3.3.- Macizo de Santa Colomba .....	288
7.3.4.- Macizo de A Gudiña .....	289
<b>7.4.- GRANITOIDES TARDÍOS Y POSTCINEMÁTICOS EPIZONALES</b> .....	291
7.4.1.- Macizos de La Canda, Quintela y Penouta .....	291
7.4.2.- Macizo de Seoane .....	292
7.4.3.- Macizo de Veiga .....	293
7.4.4.- Macizo de Pradorramisquedo .....	296
7.4.5.- Macizo de Ladiaro .....	297

## CAPÍTULO 8 GEOQUÍMICA

<b>8.- GEOQUÍMICA</b> .....	301
<b>8.1.- CLASIFICACIÓN GEOQUÍMICA</b> .....	302



<b>8.2.- PROCESOS DE ALTERACIÓN</b> .....	307
<b>8.3.- CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA</b> .....	308
<b>8.4.- VARIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS MAYORES</b> .....	314
<b>8.5.- COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS TRAZA</b> .....	316
<b>8.6.- DIAGRAMAS MULTIELEMENTALES NORMALIZADOS</b> .....	316
8.6.1.- Comportamiento de los elementos del grupo de las REE .....	319
8.6.2.- Comparación con la corteza continental superior .....	324
<b>8.7.- CARACTERIZACIÓN GEODINÁMICA</b> .....	329

## **CAPÍTULO 9 GEOCROLOGÍA**

<b>9.- GEOCROLOGÍA</b> .....	339
<b>9.1.- EDAD DE LA FORMACIÓN “OLLO DE SAPO”</b> .....	339
9.1.1.- Metodología y resultados .....	342
<b>9.2.- EDAD DE LA MIGMATIZACIÓN</b> .....	347
9.2.1.- Metodología y resultados .....	348

## **CAPÍTULO 10 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

<b>10.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	357
<b>10.1.- LA ACTIVIDAD ÍGNEA EN EL CÁMBRICO SUPERIOR-ORDOVÍCICO INFERIOR</b> .....	357
<b>10.2.- EL DOMO GNÉISICO MIGMATÍTICO DE SANABRIA-VIANA DO BOLO</b> .....	362
10.2.1.- Origen y características de los domos gnéisicos .....	362
10.2.2.- Formación del domo gnéisico de Sanabria-Viana do Bolo .....	368
10.2.3.- Relación entre los domos gnéisicos (núcleos migmatíticos) y los granitoides del NO de la Península Ibérica .....	372
<b>10.3.- CONCLUSIONES</b> .....	377

## **BIBLIOGRAFÍA**

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	383
---------------------------	-----

## **ANEXO I**

<b>ANÁLISIS DE FASES MINERALES</b> .....	411
--	-----

## ANEXO II

ANÁLISIS DE GEOQUÍMICA DE ROCA TOTAL .....	487
--	-----