



serie **NOVA TERRA**

**no 5**

**O CASTRO 1991**

**PETROLOGIA GRANITICA DEL PLUTON DE CALDAS  
DE REIS ( PONTEVEDRA, ESPAÑA). ESTRUCTURA,  
MINERALOGIA, GEOQUIMICA Y PETROGENESIS**

**ANDRES CUESTA FERNANDEZ**

**LABORATORIO XEOLÓXICO DE LAXE**  
**Vicerrectorado de Investigación**  
**(Universidad de Oviedo)**

**serie/NOVA TERRA**

**PETROLOGIA GRANITICA DEL PLUTON DE**  
**CALDAS DE REYES (PONTEVEDRA, ESPAÑA).**  
**Estructura, mineralogía, geoquímica y petrogénesis**

**ANDRES CUESTA FERNANDEZ**

**Departamento de Geología (Petrología y Geoquímica)**  
**Universidad de Oviedo**

**ÁREA DE XEOLOXÍA E MINERÍA DO SEMINARIO DE ESTUDOS GALEGOS**

**O CASTRO 1991**



**EDICIÓS DO CASTRO**

**Sada - A Coruña**

ISBN: 84-7492-550-9

Depósito Legal: C - 1.196 - 1991

Gráficas do Castro/Moret

O Castro. Sada. A Coruña. 1991

Pertitas en venas ramificadas intercaladas con flama pertitas en granito de Yavello, Borona (Sur de Etiopía).

Portada: Carlos Silvar

J. R. Vidal Romani

### FICHA CATALOGACION

CUESTA FERNANDEZ, Andrés

Petrología granítica del Plutón de Caldas de Reyes : (Pontevedra, España) -- O Castro : Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Area de Xeoloxía e Minería do Seminario de Estudos Galegos ; Oviedo : Universidad. Vicerrectorado de Investigación , 1991.

p. 417 : il. ; mapas ; tabl. XXXVI ; láminas color ; 24 cm. -- (Serie Nova Terra).

Tesis Doctoral Univ. de Oviedo. -- Bibliografía : p. 403-417 .  
Índice

ISBN 84-7492-550-9

1. Estructura - Galicia , 2. mineralogía - Galicia , 3. geoquímica - Galicia , 4. petrología - Galicia.

El presente trabajo constituye la Tesis Doctoral de su autor D. Andrés Cuesta Fernández, realizada en el Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, bajo la dirección del Profesor Doctor D. Guillermo Corretgé Castañón, Catedrático de Petrología y Geoquímica. La Tesis fue defendida el 21 de diciembre de 1989 en la Universidad de Oviedo ante el Tribunal presidido por D. Luis Carlos García de Figerola (Catedrático de Petrología de la Universidad de Salamanca); D. Iñaki Gil Ibarbuchi (Catedrático de Petrología de la Universidad del País Vasco); D. Francisco Martínez (Catedrático de Petrología de la Universidad Autónoma de Bellaterra, Barcelona); D. Martín Portugal Ferreira (Catedrático de Petrología de la Universidad de Coimbra, Portugal) y Dña. Ofelia Suárez Mendez (Proferora Titular de Petrología de la Universidad de Oviedo).

El trabajo fue merecedor de la máxima calificación ("Apto cum laude"). Con fecha de 3 de Julio de 1991, la Universidad de Oviedo otorgó a dicha Tesis el Premio Extraordinario de Doctorado.

# INDICE

## I.- INTRODUCCION.

|  |    |
|--|----|
| -1.1.- SITUACION, FORMA, TAMAÑO Y CARACTERES MORFOLOGICOS .....            | 1  |
| -1.2.- ANTECEDENTES.....   | 4  |
| -1.3.- MARCO GEOLOGICO: "GRANODIORITAS TARDIAS" EN GALICIA OCCIDENTAL..... | 6  |
| -1.4.- OBJETIVOS.....  | 11 |
| -1.5.- METODOLOGIA .....   | 12 |

## II.- EL PLUTON GRANITICO DE CALDAS DE REYES Y SU RELACION CON LAS ROCAS ENCAJANTES

|  |    |
|--|----|
| -2.1.- LAS ROCAS ENCAJANTES.....                             | 16 |
| -2.2.- FENOMENOS ASOCIADOS AL EMPLAZAMIENTO DEL P.G.C.R..... | 18 |
| -2.2.1. Naturaleza de los contactos con el encajante .....   | 18 |
| -2.2.2. Metamorfismo de contacto asociado.....               | 20 |
| -2.3.- NIVEL DE EMPLAZAMIENTO DEL P.G.C.R.....               | 24 |

## III.- LOS MATERIALES GRANITICOS

|  |    |
|--|----|
| -3.1.- GEOMETRIA INTERNA .....   | 27 |
| -3.2.- CARACTERIZACION MACROSCOPICA Y CONDICIONES DE YACIMIENTO.....       | 32 |
| -3.2.1. Facies externa: caracterización macroscópica .....                 | 32 |
| -3.2.2. Facies externa: condiciones de yacimiento.....                     | 34 |
| -3.2.3. Facies externa leucócrata: caracterización macroscópica .....      | 34 |
| -3.2.4. Condiciones de yacimiento de la facies externa leucócrata .....    | 36 |
| -3.2.4.1. <u>Variaciones texturales</u> .....                              | 36 |
| -3.2.4.2. <u>Manifestaciones filonianas en sentido amplio</u> .....        | 36 |
| -3.2.4.3. <u>Enclaves y "schlieren" biotíticos</u> .....                   | 37 |
| -3.2.5. Contacto entre la facies externa y la facies externa leucócrata... | 37 |
| -3.2.6. Facies porfídica: caracterización macroscópica.....                | 38 |
| -3.2.7. Condiciones de yacimiento de la facies porfídica.....              | 38 |
| -3.2.8. Contactos en la facies porfídica: relaciones con la facies externa | 40 |
| -3.2.9. Facies Central: caracterización macroscópica.....                  | 41 |

|   |    |
|---|----|
| -3.2.9.1. <u>Subfacies biotítica</u> .....  | 41 |
| -3.2.9.2. <u>Subfacies porfídica</u> .....  | 41 |
| -3.2.9.3. <u>Subfacies biotítico-moscovítica</u> .....  | 42 |
| -3.2.9.4. <u>El dique de tendencia "anular" y los diques graníticos menores</u> .....                                       | 43 |
| -3.2.9.5. <u>El apéndice granítico de Cornazo de Abajo</u> .....  | 43 |
| <b>-3.2.10. Cortejo filoniano asociado a la facies central</b> .....  | 43 |
| -3.2.10.1. <u>Tipología del aparato filoniano</u> .....   | 43 |
| -3.2.10.2. <u>Conclusiones sobre el cortejo filoniano asociado a la facies central</u> .....                                | 45 |
| <b>-3.2.11. Condiciones de afloramiento de la facies central</b> .....  | 45 |
| -3.2.11.1. <u>Variaciones texturales y mineralógicas</u> .....  | 45 |
| -3.2.11.2. <u>"Schlieren" y enclaves</u> .....  | 46 |
| <b>-3.2.12. Contacto de la facies central con su encajante relativo</b> .....   | 47 |
| -3.2.12.1. <u>Contacto con la facies externa</u> .....  | 47 |
| -3.2.12.2. <u>Contacto con la facies externa leucócrata</u> .....   | 47 |
| -3.2.12.3. <u>Contacto con la facies porfídica</u> .....  | 48 |
| <b>-3.2.13. Otras rocas probablemente relacionadas con la facies central</b> ...  | 49 |
| -3.2.13.1. <u>Tonalita de Vilar</u> .....   | 49 |
| -3.2.13.2. <u>Granito leucocrático de dos micas de la isla de Arosa</u> .....   | 49 |
| <b>-3.2.14. Granitos enrojecidos o episienitizados y episienitas</b> .....  | 50 |
| <b>-3.2.15. El granito orbicular</b> .....  | 51 |
| <b>-3.2.16. Los enclaves microgranudos supuestamente cogenéticos</b> .....  | 52 |
| -3.2.16.1. <u>Los enclaves en la facies central y en el dique de tendencia "anular".</u><br><u>Enclaves de tipo A</u> ..... | 53 |
| -3.2.16.2. <u>Los enclaves de la facies porfídica: tipos B y C</u> .....  | 54 |
| -3.2.16.3. <u>Los enclaves en la facies externa</u> .....   | 54 |

#### **IV.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

|   |    |
|---|----|
| <b>-4.1.- INTRODUCCION</b> .....  | 88 |
| <b>-4.2.- DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>  | 88 |
| -4.2.1. <b>Acumulaciones biotíticas</b> .....   | 88 |
| -4.2.2. <b>Acumulaciones feldespáticas</b> .....  | 90 |
| -4.2.3. <b>Enclaves microgranudos</b> .....   | 91 |
| -4.2.4. <b>Enclaves xenolíticos</b> .....   | 93 |
| -4.2.5. <b>La red de diques graníticos</b> .....  | 95 |
| -4.2.6. <b>La foliación interna granítica: Alineación de<br/>minerales susceptibles de ser orientados</b> ..... | 96 |

|   |     |
|---|-----|
| -4.2.6.1. <u>Feldespatos potásicos y biotitas: orientación general</u> .....                                  | 98  |
| -4.2.7. <u>La red de diaclasas y el cortejo filoniano</u> .....   | 102 |
| -4.3.- <b>VALORACION DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS ESTRUCTURALES. DISCUSION</b> .....                           | 109 |
| -4.4.- <b>CONCLUSIONES SOBRE LA ESTRUCTURA DEL PLUTON DE CALDAS: MODELO DE EMPLAZAMIENTO.</b> .               | 110 |
| <b>V.- <u>CARACTERIZACION MICROSCOPICA</u></b>  |     |
| -5.1.- <b>FACIES EXTERNA (FB)</b> .....   | 117 |
| -5.1.1. <b>Composición mineralógica</b> .....   | 117 |
| -5.1.2. <b>Características texturales</b> .....   | 117 |
| -5.1.3. <b>Descripción petrográfica</b> .....   | 117 |
| -5.2.- <b>FACIES EXTERNA LEUCOCRATA (FBL)</b> .....   | 122 |
| -5.2.1. <b>Composición mineralógica</b> .....   | 122 |
| -5.2.2. <b>Características texturales</b> .....   | 122 |
| -5.2.3. <b>Descripción petrográfica</b> .....   | 122 |
| -5.2.4. <b>Facies externa versus facies externa leucócrata. Reflexión sobre la petrografía de ambas</b> ..... | 126 |
| -5.3.- <b>FACIES PORFIDICA (FP)</b> .....   | 127 |
| -5.3.1. <b>Composición mineralógica</b> .....   | 127 |
| -5.3.2. <b>Características texturales</b> .....   | 127 |
| -5.3.3. <b>Descripción petrográfica</b> .....   | 127 |
| -5.4.- <b>FACIES CENTRAL (GA)</b> .....   | 131 |
| -5.4.1. <b>Introducción</b> .....   | 131 |
| -5.4.2. <b>Composición mineralógica</b> .....   | 131 |
| -5.4.3. <b>Características texturales</b> .....   | 131 |
| -5.4.4. <b>Descripción petrográfica</b> .....   | 131 |
| -5.4.5. <b>Algunas precisiones sobre la petrografía de la facies central</b> .....                            | 137 |
| -5.5.- <b>CORTEJO FILONIANO</b> .....   | 138 |
| -5.5.1. <b>Introducción</b> .....   | 138 |
| -5.5.2. <b>Composición mineralógica</b> .....   | 138 |
| -5.5.3. <b>Características texturales</b> .....   | 138 |
| -5.5.4. <b>Descripción petrográfica</b> .....   | 138 |
| -5.6.- <b>TONALITA DE VILAR</b> .....   | 140 |
| -5.6.1. <b>Introducción</b> .....   | 140 |
| -5.6.2. <b>Composición mineralógica</b> .....   | 140 |

|  |            |
|--|------------|
| -5.6.3. Características texturales .....   | 140        |
| -5.6.4. Descripción petrográfica .....   | 140        |
| -5.6.5. Conclusiones al estudio petrográfico de la tonalita.....                           | 142        |
| <b>-5.7.- ENCLAVES MICROGRANUDOS.....</b>  | <b>143</b> |
| -5.7.1. Introducción .....   | 143        |
| -5.7.2. Enclaves en la facies central o enclaves de tipo "A" .....                         | 143        |
| -5.7.2.1. <u>Composición mineralógica</u> .....  | 143        |
| -5.7.2.2. <u>Caracteres petrográficos generales</u> .....                                  | 144        |
| -5.7.2.2.1. Los enclaves con esfera estictolítica .....                                    | 144        |
| -5.7.3. Enclaves en la facies porfídica de tipo "B".....                                   | 145        |
| -5.7.3.1. <u>Composición mineralógica</u> .....  | 145        |
| -5.7.3.2. <u>Características texturales</u> .....  | 146        |
| -5.7.3.3. <u>Descripción petrográfica</u> .....  | 146        |
| -5.7.4. Enclaves en la facies porfídica de tipo "C".....                                   | 147        |
| -5.7.4.1. <u>Composición mineralógica</u> .....  | 147        |
| -5.7.4.2. <u>Características texturales</u> .....  | 147        |
| -5.7.4.3. <u>Descripción petrográfica</u> .....  | 148        |
| -5.7.5. Enclaves en la facies externa o de tipo "D" .....                                  | 149        |
| -5.7.5.1. <u>Composición mineralógica</u> .....  | 149        |
| -5.7.5.2. <u>Características texturales</u> .....  | 149        |
| -5.7.6. <b>Recapitulación sobre la petrografía de los enclaves<br/>microgranudos .....</b> | <b>150</b> |
| -5.7.6.1. <u>Origen de los enclaves de tipo B2 y C. Discusión</u> .....                    | 150        |
| <b>-5.8.- CLASIFICACIONES PETROGRAFICAS.....</b>   | <b>152</b> |
| -5.8.1. Composiciones modales e índices petrográficos .....                                | 152        |
| -5.8.2. Petrografía y series de rocas plutónicas .....                                     | 153        |
| <b>VI.- <u>MINERALOGIA</u></b>   |            |
| <b>-6.1.- INTRODUCCION.....</b>  | <b>179</b> |
| <b>-6.2.- PIROXENOS.....</b>   | <b>181</b> |
| -6.2.1. Introducción.....  | 181        |
| -6.2.2. Tipificación química y clasificación.....  | 181        |
| -6.2.3. Variación composicional. Las exoluciones .....                                     | 185        |
| -6.2.4. Un ensayo de geotermometría.....   | 187        |
| -6.2.5. Conclusiones sobre los piroxenos.....  | 189        |
| <b>-6.3.- ANFIBOLES .....</b>  | <b>191</b> |



|  |     |
|--|-----|
| -6.3.1. Introducción.....  | 191 |
| -6.3.2. Clasificación y tipificación.....  | 191 |
| -6.3.3. Evolución composicional de los anfíboles cálcicos.....                             | 194 |
| -6.3.3.1. <u>Discriminación en tres poblaciones</u> .....                                  | 195 |
| -6.3.3.2. <u>Las sustituciones</u> .....   | 198 |
| -6.3.3.2.1. Sustituciones controladas por el Al <sup>IV</sup> .....                        | 199 |
| -6.3.3.2.2. Otras sustituciones.....   | 203 |
| -6.3.4. Variación composicional de los anfíboles: zonación.....                            | 203 |
| -6.3.5. Factores determinantes en la evolución de los<br>anfíboles.....                    | 208 |
| -6.3.6. Condiciones de cristalización de los anfíboles.....                                | 214 |
| -6.3.6.1. <u>Condiciones de presión</u> .....  | 214 |
| -6.3.6.2. <u>Condiciones de temperatura</u> .....  | 217 |
| -6.3.7. Conclusiones sobre los anfíboles de Caldas de Reyes...                             | 218 |
| -6.4.- BIOTITAS.....   | 221 |
| -6.4.1. Introducción.....  | 221 |
| -6.4.2. Composición química y evolución composicional<br>de las biotitas.....              | 221 |
| -6.4.2.1. <u>Las sustituciones</u> .....   | 227 |
| -6.4.2.1.1. Sustituciones que afectan al aluminio .....                                    | 227 |
| -6.4.2.1.2. Otras sustituciones.....   | 229 |
| -6.4.3. Condiciones de formación: El papel de fO <sub>2</sub> .....                        | 229 |
| -6.4.3.1. <u>Condiciones de fO<sub>2</sub> en las tres facies de Caldas</u> .....          | 231 |
| -6.4.3.2. <u>Condiciones de oxidación para el conjunto intrusivo de Caldas</u> .           | 235 |
| -6.4.4. Las biotitas de Caldas en el marco de las series<br>magmáticas. Tipificación ..... | 236 |
| -6.4.5. Conclusiones acerca de las biotitas de Caldas.....                                 | 239 |
| -6.5.- MOSCOVITAS .....  | 241 |
| -6.5.1. Introducción.....  | 241 |
| -6.5.2. Características químicas y evolución composicional de<br>las moscovitas.....       | 241 |
| -6.5.2.1. <u>Las sustituciones</u> .....   | 244 |
| -6.5.3. Origen y condiciones de formación de las moscovitas...                             | 246 |
| -6.5.4. Conclusiones sobre las moscovitas.....   | 252 |
| -6.6.- FELDESPATOS.....  | 253 |

|   |     |
|---|-----|
| -6.6.1. Introducción.....   | 253 |
| -6.6.2. Plagioclasas.....   | 253 |
| -6.6.3. Feldespatos potásicos.....  | 254 |
| -6.6.4. Geotermometría sobre el par feldespato potásico-<br>plagioclasa.....                                    | 254 |
| -6.7.- GRANATES.....  | 257 |
| -6.7.1. Introducción.....   | 257 |
| -6.7.2. Características generales.....  | 257 |
| -6.7.3. Origen y condiciones de formación.....  | 258 |
| -6.7.4. Algunas precisiones sobre las condiciones físicas de<br>formación. Geotermometría y geobarometría. .... | 259 |
| -6.8.- OPACOS.....  | 263 |
| -6.8.1. Minerales opacos.....   | 263 |
| <b>VII.- GEOQUIMICA</b>   |     |
| -7.1.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....  | 265 |
| -7.2.- ZONACION GEOQUIMICA.....   | 266 |
| -7.2.1. El caso menos aparente: La facies externa y la facies<br>externa leucócrata.....                        | 269 |
| -7.2.2. El caso intermedio: La facies porfídica.....  | 270 |
| -7.2.3. El caso más evidente: La facies central.....  | 273 |
| -7.2.4. Discusión y conclusiones sobre la zonación geoquímica   | 276 |
| -7.3.- DIAGRAMAS DE VARIACION.....  | 282 |
| -7.3.1. Diagramas de variación para los elementos mayores.....  | 282 |
| -7.3.2. Diagramas de variación para los elementos traza.....  | 288 |
| -7.3.3. Comportamiento de los enclaves.....   | 299 |
| -7.3.4. Consideraciones finales sobre la distribución de<br>contenidos en las tres facies.....                  | 299 |
| -7.3.5. Diagramas interelementales.....   | 301 |
| -7.3.6. Algunas conclusiones obtenidas en el estudio de los<br>diagramas interelementales.....                  | 313 |
| -7.4.- ESTADO DE ALTERACION DE LAS ROCAS DEL<br>PLUTON DE CALDAS DE REYES.....                                  | 315 |
| -7.5.- CARACTERIZACION Y TIPIFICACION GEOQUIMICA<br>DEL PLUTON DE CALDAS DE REYES.....                          | 320 |
| -7.5.1. Introducción.....   | 320 |

|  |     |
|--|-----|
| -7.5.2. Diagrama R <sub>1</sub> -R <sub>2</sub> de De La Roche y Leterrier .....   | 320 |
| -7.5.3. Diagramas multicati6nicos de Debon y Le Fort.....  | 323 |
| -7.5.4. Consideraciones sobre la clasificaci6n de las rocas<br>de Caldas .....   | 330 |
| -7.5.5. Diagrama Log [ CaO/(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) ] - SiO <sub>2</sub> .....   | 330 |
| -7.5.6. Diagramas normativos.....  | 332 |
| -7.5.6.1. La facies externa mas la facies externa leuc6crata .....   | 333 |
| -7.5.6.2. La facies porf6dica.....   | 333 |
| -7.5.6.3. La facies central .....  | 334 |
| -7.6.- TIERRAS RARAS .....   | 337 |
| -7.6.1. Introducci6n.....  | 337 |
| -7.6.2. Utilizaci6n de las REE como trazadores geoqu6micos.....  | 337 |
| -7.6.3. Contenidos, distribuci6n y comportamiento de las<br>REE en el Plut6n de Caldas.....  | 339 |
| -7.6.3.1. Facies externa mas facies externa leuc6crata.....  | 339 |
| -7.6.3.2. Facies porf6dica.....  | 340 |
| -7.6.3.3. Facies central .....   | 343 |
| -7.6.4. Reflexiones sobre el comportamiento y evoluci6n de<br>las REE en el Plut6n de Caldas. Ensayo de<br>interpretaci6n cualitativa..... | 344 |
| -7.6.5. Conclusiones sobre las tierras raras.....  | 347 |
| <b>VIII.- <u>ANALISIS DE ISOTOPOS DE OXIGENO Y EDAD Rb-Sr<br/>DEL PLUTON ZONADO DE CALDAS DE REYES</u></b>                                 |     |
| -8.1.- INTRODUCCION .....  | 348 |
| -8.2.- TIPIFICACION DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.....  | 348 |
| -8.3.- DATOS ISOTOPICOS DE OXIGENO. RELACION:<br>$\delta^{18}O / ^{16}O$ .....   | 349 |
| -8.4.- DATOS DE ISOTOPOS RADIOGENICOS: EDAD Rb-Sr....  | 352 |
| <b>IX.- <u>CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES</u></b>  |     |
| -9.1.- CONSIDERACIONES FINALES .....   | 354 |
| -9.2.- CONCLUSIONES.....   | 352 |
| <b><u>BILIOGRAFIA</u></b>  |     |
| <b><u>INDICE DE FIGURAS</u></b>  |     |
| <b><u>INDICE DE LAMINAS</u></b>  |     |
| <b><u>TABLAS</u></b>   |     |