

# La aureola de contacto de Porcía-Salave ( NO de Asturias): paragénesis y condiciones termobarométricas

*The Porcía-Salave contact aureole, NW of Asturias: mineral assemblages and thermobarometry*

N. Rodríguez Vieitez y O. Suárez

Dpto de Geología. Univ de Oviedo. Arias de Velasco S/N. 33005 Oviedo

## ABSTRACT

*The Porcía-Salave contact aureole surround the igneous complex consisting of gabbros and granodiorites emplaced in a chlorite-zone metasedimentary rocks. Andalusite-cordierite-biotite assemblages are the most common at intermediate grade. Adjacent to the intrusive contact assemblages involving combinations of cordierite, andalusite, sillimanite and K feldspar; spinel and corundum appears in quartz-absent rocks. The pressure contact metamorphism estimated on minerals equilibria is 2.6-3 kbar. Application of garnet-biotite and spinel-cordierite exchange thermometry gave  $T > 800$  °C which are consistent with equilibria involving  $Sp+Qtz=Crd$ .*

**Key words:** contact aureole, thermometry, quartz-absent rocks, spinel, corundum.

*Geogaceta*, 29 (2001), 111-114  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El área objeto de estudio se sitúa en la parte occidental de Asturias, entre la localidad de Tapia de Casariego y el río Porcía, donde afloran tres intrusiones que originan una aureola de metamorfismo de contacto, objetivo principal de este estudio. Este área constituye una franja de unos 6 km de longitud por 2 km de anchura, limitada al norte por el Mar Cantábrico (Fig.1). El estudio se ha centrado principalmente en el sector norte de la aureola donde se ha podido realizar un muestreo más completo, que no es posible en la parte sur debido al recubrimiento por la rasa cuaternaria y a la alteración que modifica las rocas metamórficas de contacto.

A partir de los trabajos de Suárez y Suárez (1970) se conoce de forma bastante detallada la petrografía y cartografía de estas intrusiones así como la importancia del metamorfismo de contacto y el carácter notable de las asociaciones minerales con espinela y corindón. El conjunto intrusivo, constituido por los stocks de Porcía, Salave y Represas muestra un amplio espectro composicional, desde gabros (stock de Porcía y parte norte de Salave) a granodioritas (sur de Salave y Represas). En las rocas gabroicas es característica la presencia de ortopiroxeno (0,7 -20 %), así como de diferentes tipos de enclaves: xenolíticos (Arias,1984), e ígneos; entre estos cortlanditas (Galán y Suárez, 1989).

En este trabajo se aportan nuevos datos sobre el metamorfismo que forman parte de la tesina de licenciatura de Rodríguez Vieitez (1997), basados en el análisis textural, geoquímica mineral y modelización térmica, que han permitido precisar las condiciones termobarométricas de esta aureola metamórfica

## Caracteres generales

Desde el punto de vista geológico, el área se sitúa dentro de la Zona Asturoccidental Leonesa de la Cadena Varisca, en el dominio del Navia y alto Sil (Marcos, 1970); las rocas se caracterizan por la presencia generalizada de foliaciones tectónicas resultado de la deformación desarrollada en tres fases así como por paragénesis de bajo grado del metamorfismo regional hercínico cuya intensidad aumenta, en líneas generales, hacia el W (Bastida y Pulgar, 1995).

Las intrusiones de Porcía y Salave están emplazadas en materiales de edad Cámbrico Medio a Ordovícico Superior pertenecientes a la Fm. Agüeira de carácter turbidítico (alternancia de pelitas verdosas o negras, grauwacas y areniscas, con algún nivel de cuarcitas), y a la Serie de Los Cabos (pizarras y margas verdosas, que alternan con cuarcitas o areniscas). Por efecto del metamorfismo regional hercínico las rocas pelíticas y semipelíticas aparecen transformadas en pizarras

y filitas, constituidas esencialmente por clorita, moscovita, y en menor proporción por cuarzo, opacos y albio y dominios ricos en filosilicatos respectivamente y mayor contenido en  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , MgO y  $K_2O$  en estos (Pulgar 1980).

La mayor intensidad del metamorfismo térmico se observa en los contactos con las rocas gabroicas. En la parte norte de la intrusión de Salave, los niveles pelíticos o grauwáquicos aparecen transformados en rocas de aspecto cornubianítico, si bien conservan estructuras sedimentarias y bandeado tectónico. Al este de la intrusión de Porcía destaca el desarrollo de granates milimétricos y el aspecto migmatítico de las rocas de contacto con segregación de material leucocrático debido probablemente a anatexia local. El mismo fenómeno es visible en la parte occidental de la intrusión de Salave, en la playa de Las Poleas.

En su borde oeste, la aureola y las rocas intrusivas aparecen afectadas por un importante proceso de alteración hidrotermal, a la que van asociadas mineralizaciones ricas en Pirita, Arsenopirita, Molibdenita, Estibina, Esfalerita y también Oro diseminado (Harris, 1980).

## Estudio petrográfico

El estudio petrográfico se ha centrado en los términos pelíticos y grauwáquicos. En estas rocas, a la diversidad com-

posicional original se suma la diferenciación química (dominios filosilicatados ricos en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO y K<sub>2</sub>O) debido al bandeado tectónico, ello implica que a escala de lámina delgada aparezcan bandas entre milimétricas y micrométricas con asociaciones minerales muy diferentes. Básicamente se distinguen tres tipos de paragénesis que corresponden a las siguientes composiciones:

- a) cuarzo-pelíticas o semipelíticas, con Granate.
- b) pelíticas saturadas en cuarzo, con Cordierita ± Andaluquita ± Sillimanita.
- c) pelíticas subsaturadas en cuarzo, con Espinela ± Corindón.

**Rocas cuarzo-pelíticas con granate**

Estas rocas se caracterizan por asociaciones Grt -Bt- Qtz ± Crd (abreviaturas según Kretz, 1983) y un bandeado composicional (niveles ricos en cuarzo o en biotita con moscovita-sericita subordinados). El granate es rico en almandino (70,3 86,6 %), no muestra zonado alguno y presenta un hábito esquelético en las bandas cuarcíticas, característico del crecimiento en dominios pobres en Al, (Paschier & Trouw, 1996), mientras que en los niveles filosilicatados aparece en cristales idiomorfos o bien en formas elongadas, lo cual implica una recristalización mimética sobre el bandeado. Contiene abundantes inclusiones de biotita y de opacos que muestran formas redondeadas indicando equilibrio textural. Además de biotita aparece a veces cordierita totalmente alterada.

**Rocas pelíticas con And ± Crd ± Sil**

Las paragénesis típicas incluyen asociaciones de estos minerales junto a Qtz, Ms y Bi; a veces Kfs y en casos muy concretos Pl, que corresponden a las zonas de metamorfismo progresivo clásicamente consideradas en aureolas pelíticas de contacto. Se pueden diferenciar las siguientes paragénesis más representativas:

- 1) Andaluquita ± Biotita ± Moscovita
- 2) Cordierita ± Biotita ± Moscovita
- 3) Andaluquita + Cordierita + Biotita ± Moscovita
- 4) Andaluquita + Feldespato potásico.
- 5) Sillimanita + Andaluquita + Cordierita + Feldespato K ± Biotita

Las dos primeras representan la zona de menor grado; en rocas pelíticas muy ricas en materia orgánica la andaluquita se forma precozmente, apareciendo antes que la cordierita, en este caso la paragénesis no contiene biotita.

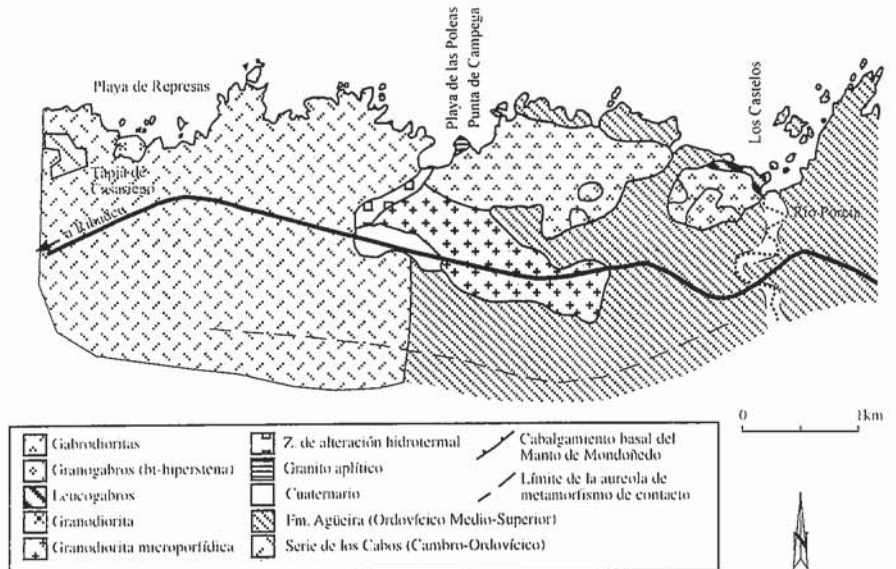


Fig. 1.- Esquema geológico de las intrusiones de Porcía -Salave y de su aureola de contacto.

Fig. 1.- Geological scheme of the Porcía-Salave intrusions and their surrounding aureole.

Muestra	Granate			Biotita		K <sub>D</sub> Gt-Bt	T <sub>FS</sub> °C	T <sub>HS</sub> °C		
	Anál.gt	Anál.bt	Mg	Fe	X <sub>Ca</sub>				Mg	Fe
11301	4 - 336	5 - 337	0.40	2.39	0.023	1.87	3.16	0.283	761	788
11301	16 - 348	15 - 347	0.33	2.20	0.033	1.65	3.18	0.289	772	812
11301	19 - 351	18 - 350	0.32	2.33	0.037	1.64	3.23	0.27	738	781
Porc B	29 - 361	28 - 360	0.37	2.63	0.027	1.35	3.87	0.403	977	1019
Porc 1a	15 - 25	14 - 24	0.39	2.57	0.027	1.26	3.6	0.433	1032	1077
Porc 1a	21 - 31	20 - 30	0.41	2.56	0.027	1.25	3.54	0.453	1070	1116
Porc 1a	23 - 33	22 - 32	0.40	2.58	0.027	1.41	3.49	0.384	942	983

Tabla 1.- Temperaturas obtenidas a partir del geotermómetro Granate-biotita, (Calibrados de Ferry & Spear, 1978 y de Hodges & Spear, 1982).

Table. 1.- Temperatures of Garnet-Biotite thermometer (calibration of the Ferry & Spear, 1978 and the Hodges & Spear, 1982).

Muestra	Espinela		Cordierita		K <sub>D</sub> Sp-Cd	T <sub>v</sub> °C		
	Anál.sp	Anál.cd	Mg	Fe			Mg	Fe
156	52 - 307	53 - 308	0.17	0.9	1.22	0.83	0.128	778
156	54 - 309	55 - 310	0.16	0.91	1.21	0.82	0.119	739
156	59 - 314	60 - 315	0.19	0.91	1.21	0.81	0.140	837

Tabla 2.- Temperaturas obtenidas a partir del termómetro Espinela-Cordierita (Vielzeuf, 1983)

Table. 2 Temperatures of Spinel-Cordierite thermometer (Vielzeuf, 1983)

Muestra	Anál.chl	Clorita					T <sup>a</sup> (°C)
		Si	Al IV	Al VI	Fe	Mg	
6028	37 - 47	2.61	1.39	1.4	2.93	1.64	386
6028	33 - 43	2.65	1.35	1.35	3	1.63	373
6028	36 - 46	2.73	1.27	1.32	2.71	1.89	347
6028	38 - 48	2.89	1.11	1.53	2.74	1.42	295

Tabla 3.- Temperaturas de formación de las cloritas según el geotermómetro Cathelineau (1988).

Table. 3.- Temperatures from chlorite thermometer of Cathelineau (1988)

La asociación más representativa es Crd + And + Bt (3). En general la andaluquita aparece en cristales idiomórficos, frecuentemente con inclusiones finas de opacos y morfología, típica de la variedad quiaestolita. La cordierita se presenta en cristales de hábito globoso y generalmente

elongados de forma mimética con la foliación de la roca y suele contener inclusiones de biotita o de opacos muy finos.

La asociación frecuente de cordierita y andaluquita sugiere como reacción más probable la propuesta por Pattison & Harte (1991):



En rocas de aspecto corneánico y más ricas en cuarzo, restringidas al borde W de la intrusión de Salave, aparecen And ± Kfs en asociaciones granoblásticas, indicando la reacción:



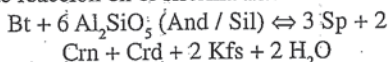
Las rocas formadas por sillimanita+andalucita+cordierita+feldespatos K representan las condiciones de más alto grado en pelitas comunes. La sillimanita, aparece en dos formas diferentes bien en cristales aciculares finos de tipo fibrolita, o en cristales prismáticos de buen desarrollo, como es frecuente en zonas de alto grado (Yardley, 1989). Frecuentemente está asociada a la andalucita a la que parece reemplazar y con la que forma intercrecimientos complejos.

### Rocas pelíticas con espinela ± corindón

La mayoría de las rocas en las que aparece espinela se caracterizan por una mineralogía típica de pelitas pobres en cuarzo y suelen presentar un bandeo composicional debido a la alternancia de:

- Niveles oscuros muy ricos en Spl (>60%), Ilm, Bt y Crn
- Niveles formados por Pl o Crd dominante, en las que también hay Bt, Spl, Ilm, Sil, Crn y a veces Kfs. Algunos destacan por la abundancia de corindón
- Capas muy finas, y a veces discontinuas, formadas por Bt con inclusiones de Ilm, con Crd asociada, y a veces Qtz.

La espinela de color verde oliva, rica en hercinita (75,9-86,7 %), aparece en cristales idiomorfos o en formas redondeadas. La cordierita aparece en cristales globosos o idiomorfos de diferente desarrollo, a veces englobada en plagioclasa, suele contener inclusiones de espinela, sillimanita, opacos (ilmenita y magnetita) y rutilo. La espinela aparece asociada con corindón en contacto con cristales o agregados de cordierita y feldespatos K y también incluida en estos minerales. Por tanto, esta paragénesis sugiere la siguiente reacción en el sistema KFMASH



Según Pattison & Tracy (1991), esta reacción representa condiciones de muy alto grado de metamorfismo, y es típica de las rocas situadas cerca del contacto con el intrusivo, y caracteriza a la serie de facies **tipo 1b** en el esquema de clasificación batozonal propuesto por este autor.

En un solo caso, en la aureola de Porcía se ha encontrado espinela en contacto con cuarzo; las relaciones texturales entre ambos minerales (forma idiomórfica

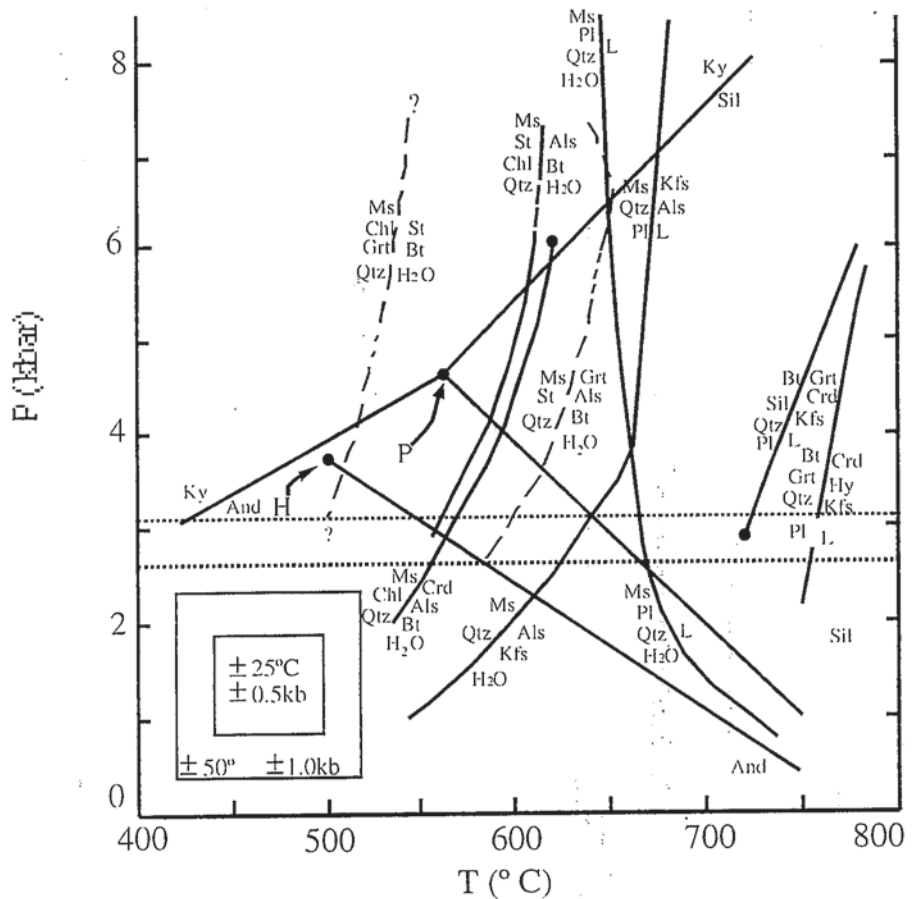
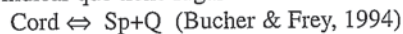


Fig.2.- Diagrama P-T en el que se muestran las condiciones termobarométricas estimadas en la aureola de contacto de Porcía-Salave. Estabilidad polimorfos  $Al_2SiO_5$ : Holdaway, (1971:H) y Pattison (1992;P). Los cuadros de la parte inferior izquierda del diagrama muestran los errores estimados. Tomado de Pattison y Tracy (1991).

Fig.2.- P-T diagram showing thermobarometric conditions in the Porcía-Salave contact aureole. (Stability  $Al_2SiO_5$  polymorphs: Holdaway, (1971:H) and Pattison (1992;P). The boxes in the lower left corner show estimates uncertainties. Diagram is based in Pattison & Tracy (1991).

de la espinela y contactos rectos con el cuarzo), parecen indicar equilibrio entre estos minerales. La formación de espinela puede tener lugar a expensas de la cordierita y la asociación espinela-cuarzo indicar que tiene lugar la reacción:



Finalmente hay que destacar que las rocas metapelíticas de la aureola de contacto muestran un retrometamorfismo importante, el cual adquiere mayor desarrollo en la parte occidental de la aureola, y que se caracteriza por la formación de Moscovita-(Sericita)-Clorita, que aparecen en forma de blastos relativamente grandes.

### Estimaciones termobarométricas

Las asociaciones minerales encontradas han permitido la utilización de dos geotermómetros de intercambio: Grana-

te-Biotita (calibrados de Hodges y Spear, 1982 y de Ferry y Spear 1978), y Espinela-Cordierita de Vielzeuf (1983): (Tablas 1 y 2); no se ha podido utilizar el par Granate-Cordierita debido a la alteración generalizada de la cordierita paragénesis con el granate. Como puede observarse a partir de los datos de la Tabla 1 existen diferencias entre los resultados de los dos calibrados, y en general, parecen más reales los obtenidos con el primero. Cabe destacar que para la aureola de Salave este geotermómetro Grt-Bt proporciona datos muy similares al par Sp-Crd (738-772°C y 739-837°C), lo que se puede interpretar como un buen funcionamiento de ambos geotermómetros, en este sentido estos valores pueden representar temperaturas más reales.

En la aureola de Porcía, las temperaturas obtenidas (942-1070°C) parecen de-

masiado elevadas. Para esta misma aureola, de la estabilidad de la asociación Spl-Qtz, se deducen temperaturas  $>800^{\circ}\text{C}$  (Bucher & Frey, 1994). Por último hay que considerar que en la modelización térmica realizada para el stock de Porcía, según el método de Carslaw y Jaeger, se obtienen temperaturas máximas de  $750^{\circ}\text{C}$  (Rodríguez Vieitez, 1997). Aunque estos valores son muy inferiores a los obtenidos en geotermometría, el resultado de la modelización puede considerarse como satisfactorio, si se tiene en cuenta que el modelo está basado en la transferencia de calor sólo por conducción, mientras que la situación real suele ser más compleja, con un componente convectivo debido a la existencia de flujos, como posiblemente ocurra en la aureola de metamorfismo estudiada en este trabajo. La alteración retrógrada tendría lugar a temperaturas entre  $350$  y  $380^{\circ}\text{C}$  (Tabla 3), en base a la aplicación de la clorita como geotermómetro (Cathelineau, 1988).

El rango de presiones se estima entre 2,6 y 3 kbar, teniendo cuenta que el límite mínimo de presión para el granate está en 2,6 kbar y el límite máximo de aparición de feldespato potásico en el campo de estabilidad de la andalucita ( $\text{Ms} + \text{Q} \rightleftharpoons \text{And} + \text{Fto} + \text{K} + \text{H}_2\text{O}$ ) es de 3 kbar, considerando la curva de estabilidad  $\text{And}=\text{Sill}$  propuesta por Pattison (1992). El par espinela-cuarzo también permite una aproximación a la presión, ya que el campo de estabilidad de esta asociación se sitúa a presiones  $> 2,5$  kbar.

En el diagrama T-P que se muestra en la figura 2, la banda punteada representa las condiciones de presión probables para el metamorfismo de contacto de las intrusiones de Porcía y Salave. El estudio detallado de las asociaciones minerales encontradas y las posibles reacciones de equilibrio permiten consi-

derar que la aureola de contacto de Porcía-Salave representa un metamorfismo de tipo 1b según el esquema de clasificación basado en series de facies de Pattison y Tracy (1991), siendo comparable a la aureola de Ballachullis, Escocia descrita por Pattison y Harte (1991).

### Conclusiones

El estudio petrográfico muestra que la diversidad composicional de los materiales encajantes (Fm Agüeira y Serie de Los Cabos) afectados por las intrusiones gabroicas de Porcía-Salave, se traduce en el desarrollo de asociaciones minerales muy diferentes. Básicamente se diferencian tres tipos de asociaciones: cuarzo-pelíticas con granate almandínico; pelíticas con andalucita  $\pm$  sillimanita  $\pm$  cordierita, y pelíticas subsaturadas en cuarzo con espinela (hercinita)  $\pm$  corindón.

El metamorfismo de contacto desarrollado por las intrusiones gabroicas de Porcía-Salave alcanza condiciones de alto grado en las proximidades del contacto. Se puede estimar que las temperaturas alcanzadas se aproximan a  $900^{\circ}\text{C}$ , en base a los datos obtenidos por geotermometría Granate-Biotita y Espinela-Cordierita y estabilidad de la asociación Sp+Q. Las asociaciones minerales y las secuencias de equilibrio encontradas son características de las series de facies de tipo 1b, según la clasificación de Pattison y Harte (1991) para los metamorfismos de baja presión. El rango de presiones está comprendido entre 2,6 y 3 kbar.

### Agradecimientos

Este trabajo se encuadra en los objetivos del proyecto de investigación de la DGICYT Pb 94-1338.

### Referencias

- Arias, D. (1984): *Tesis. Licenciatura*. Univ. Oviedo. 91 pp.
- Bastida, F. y Pulgar, J.A. (1978): *Trabajos de Geología*, 10: 75-159.
- Bucher, K. y Frey, M. (1994): *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag.
- Cathelineau, M. (1988): *Clay Minerals*, 23: 471-485.
- Ferry, J.M. & Spear, F.S. (1978): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66: 113-117.
- Galán, G. & Suárez, O. (1989): *Lithos*, 23: 233-245.
- Harris, M. (1980): *Instit. Mining and Metallurgy*, B: 5-15.
- Holdaway, M.J. (1997): *Amer. Mineral.* 82: 582-595.
- Kretz, R. (1983): *Amer. Mineral.* 68: 277-279.
- Marcos, A. (1970): *Breviora Geológica Astúrica*, 2: 13-28.
- Passchier, C.W. & Trouw, R.A.J. (1996): *Microtectonics*. Springer-Verlag.
- Pattison, D.R.M. (1992): *Scott. Jour. Geol.*, 100: 423-446.
- Pattison, D.R.M. y Harte, B. (1991): In: *Equilibrium and kinetics in contact metamorphism. The Ballachulish igneous complex and its aureole* (G. Voll, J. Topel, D.R.M. Pattison y F. Seifert, Eds). Springer-Verlag, 135-179.
- Pattison, D.R.M. & Tracy, R.J. (1991): In: *Contact metamorphism. Reviews in Mineralogy*, 26. (Derrill M. Kerrick, Eds): 105-206.
- Pulgar, J.A. (1980): *Tesis Doctoral*. Univ. Oviedo. 334 pp.
- Rodríguez Vieitez N. (1987): *Trabajo de Investigación*. Univ. Oviedo. 71pp.
- Suárez, O. y Suárez S., V. (1970): *Bol. Geol. Min.* 81-83: 157-163.
- Vielzeuf, D. (1983): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 82: 301-311.
- Yardley, B.W.D. (1989): *An introduction to metamorphic petrology*. Longman.