

# Geoquímica del magmatismo, Pérmico superior, del Macizo de Cinco Villas (Pirineo Navarro)

*Geochemistry of Upper Permian magmatism in the Cinco Villas Massif (Navarra, Western Pyrenees)*

E.Lasheras Adot (\*, \*\*); M.Lago San José (\*); J. García Bellés (\*); E.Arranz Yagüe (\*)

(\*) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50.009 Zaragoza.

(\*\*) Departamento de Química y Edafología. Fac. Ciencias Biológicas. Universidad de Navarra. 31.080 Pamplona.

## ABSTRACT

The chemical composition (whole rock) of Upper Permian basaltic sills and dolerite dykes outcropping in the Cinco Villas Massif (Western Pyrenees) allow to recognize: a) their basic, unevolved composition, b) their cogenetism, and c) their subalkaline to alkaline geochemical affinity. These features are similar to those of the Anayet-Ossau basaltic rocks, and suggest their relationship with a common basaltic event, related to post-orogenic extensional tectonics.

**Key words:** geochemistry, magmatism, Upper Permian, Western Pyrenees.

Geogaceta, 25 (1999), 119-122

ISSN: 0213683X

## Introducción

El interés del magmatismo emplazado en tres cuencas del Pérmico superior y en diques doleríticos del Macizo de Cinco Villas (Pirineo Navarro) está sustentado (Lasheras, 1998; Lasheras *et al.*, 1999a y b) en los motivos: 1) emplazarse en materiales hercínicos al NO de la Falla Norpirenaica (FNP), 2) tener una edad de emplazamiento del post-Autuniense a pre-Buntsandstein y, también, 3) su particular afinidad subalcalina (con tendencia alcalina) como expresión de un magmatismo básico, cogenético e indiferenciado que, con origen mantélico, experimenta

cierta contaminación cortical. Estos datos, nuevos, completan estudios parciales de Le Fur-Balouet (1985) e Innocent *et al.* (1994) y ofrecen, además, un marco más amplio para el estudio geodinámico de este magmatismo del Pérmico superior en el borde occidental nord-pirenaico.

## Caracteres petrológicos

Las dos modalidades del magmatismo son los basaltos (sills emplazados en tres cuencas -A, B-y D en Fig.1- del Pérmico superior en el Pirineo navarro) y diversos diques doleríticos emplazados en materiales devono-carboníferos (Calizas

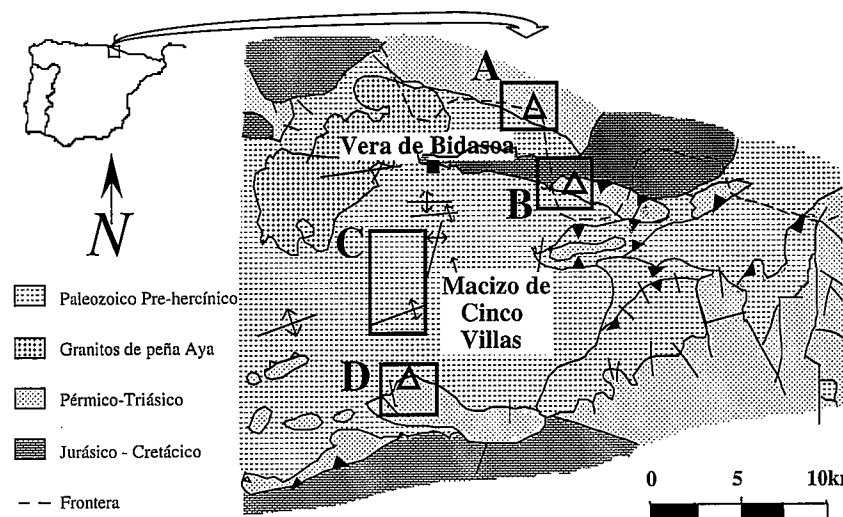


Fig.1.- Situación de los sectores estudiados en la zona de estudio; A: Larrun, B: Ibantelli, C: Yanci-Aranaz y D: Mendaur.

Fig.1. Geological sketch map of the studied area, with location of the outcrops. (A: Larrun; B: Ibantelli; C: Yanci-Aranaz y D: Mendaur).

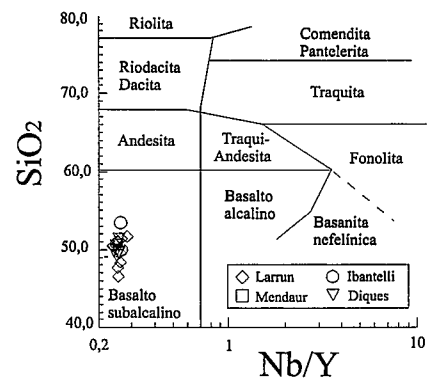


Fig.2. Diagrama SiO<sub>2</sub> frente a Nb/Y y clasificación de las rocas estudiadas.

Fig.2. Classification of the studied rocks in a SiO<sub>2</sub> vs. Nb/Y diagram.

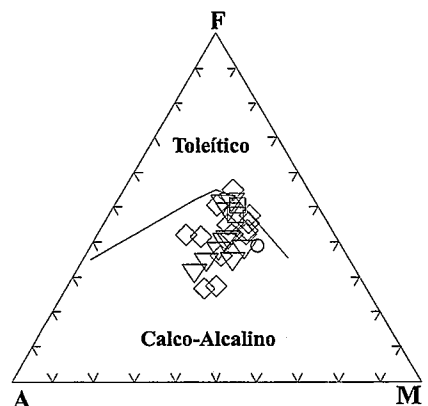


Fig.3. Diagrama AFM. (leyenda igual que en Fig.2.).

Fig.3. AFM Diagram (symbols as in Fig.2.)

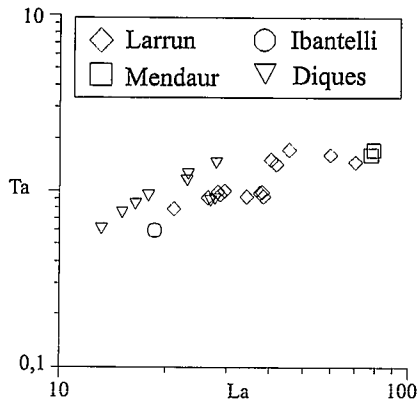


Fig. 4. Diagrama Ta vs. La

Fig.4. Variations of Ta vs. La

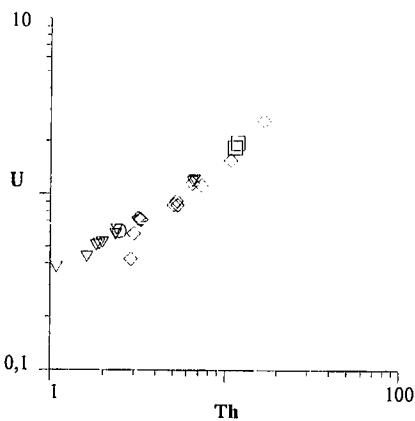


Fig.5. Diagrama U frente a Th (igual leyenda que Fig.4)

Fig.5: Variations of U vs. Th (symbols as in Fig.4)

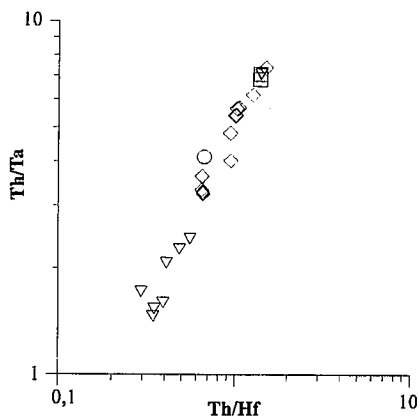


Fig.6. Diagrama Th/Ta frente a Th/Hf (igual leyenda que Fig.4)

Fig.6: Variations of Th/Ta vs. Th/Hf (symbols as in Fig.4)

de Lesaka de la Unidad Fameniense superior-Westfaliense, in Lasheras, 1998) - D en Fig. 1- del sector de Yanci-Aranaz con una probable coetaneidad a los basaltos. Los niveles basálticos (cuencas de

Larrun, Ibantelli y Mendaur -Fig. 1-; Lasheras *et al.*, 1999 a y b) son rocas hipocristalinas, con texturas ofítica a subofítica o bien dolerítica, cuyas diferencias más destacadas son un predominio del olivino en la cuenca de Larrun (donde, también, cristaliza -minoritaria- la augita) y en Ibantelli siendo escaso a minoritario en el afloramiento de Mendaur, y un predominio de plagioclasa (siempre alterada) variable en las tres cuencas. Los diques doleríticos presentan un contenido destacado en titanogaugita y destaca el predominio modal de la plagioclasa (Lasheras, 1998; Lasheras *et al.*, 1999b).

**Caracterización geoquímica**

El estudio geoquímico se ha abordado a partir de los análisis en roca total realizados mediante fluorescencia de rayos X (Univ. de Oviedo) e ICP-MS (Univ. de Granada), sobre muestras seleccionadas por su representatividad y menor alteración. Los basaltos de las tres cuencas citadas (Fig. 1) y los diques doleríticos son rocas básicas poco diferenciadas ( $SiO_2$  vs. Nb/Y: Fig.2 y AFM: Fig. 3); presentan una alteración destacada (cloritización del olivino y augita, albitización de plagioclasas, desarrollo de carbonatos y opacos secundarios, etc.) que, no obstante, resulta poco patente en los elementos traza y las REE (Tab. 1) siendo posible estudiar las pautas de diferenciación e, incluso, establecer una secuencia relativa de la diferenciación. El estudio de los elementos traza más incompatibles, o bien de sus relaciones interelementales, facilita establecer la existencia de un cogenetismo y la mencionada diferenciación relativa para el conjunto de las rocas.

El cogenetismo es patente por el estudio de las correlaciones positivas, casi lineales, en las relaciones Ta vs. La (Fig. 4), U vs. Th (Fig. 5) o las relaciones Th/Ta vs. Th/Hf (Fig. 6) lo que está constatado, también, en las asociaciones Sm/Nd vs. Th (Fig. 7) y Lu/La vs. Ce (Fig. 8) y, en definitiva, por las pautas de las REE (normalización a MORB-N, en Saunders y Tarney, 1984: Fig. 9). Considerando el conjunto de las rocas implicadas, el enriquecimiento gradual en los elementos más incompatibles citados y la mayor fraccionación observada en las REE (Fig.9) permite constatar que existe una cierta diferenciación relativa en los conjuntos comprendidos por los diques doleríticos y los basaltos de Ibantelli (más indiferenciados) respecto a los basaltos de Larrun siendo los basaltos de Mendaur los términos más diferenciados. El contenido modal de la asociación mineral ini-

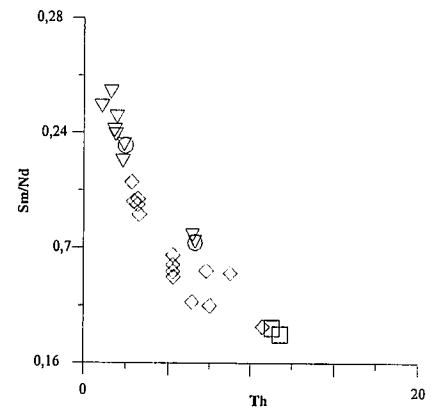


Fig.7 Diagrama Sm/Nd frente a Th (igual leyenda que Fig.4)

Fig.7. Variations of Sm/Nd vs. Th (symbols as in Fig.4)

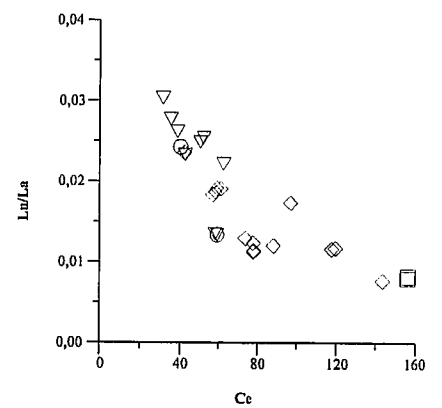


Fig 8 Diagrama Lu/La frente a Ce (igual leyenda que Fig.4)

Fig.8: Lu/La vs. Ce diagram (symbols as in Fig.4)

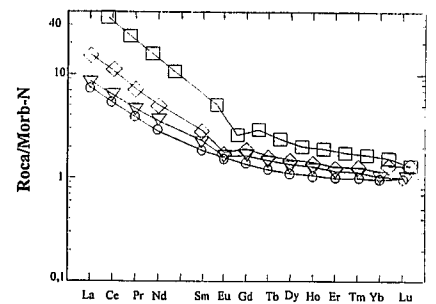


Fig.9: Diagrama de REE normalizadas a MORB-N (igual leyenda que en Fig.4).

Fig.9:MORB-normalized REE abundance. (symbols as in Fig.4)

cial (reconocible al microscopio a pesar de las alteraciones mencionadas según el porcentaje de olivino, clinopiroxeno, magnetita, plagioclasa y opacos), es coherente con la variación geoquímica detectada en los diques doleríticos y en los basaltos de las tres cuencas mencionadas.

La afinidad magmática es subalcalina con tendencia alcalina según indican el

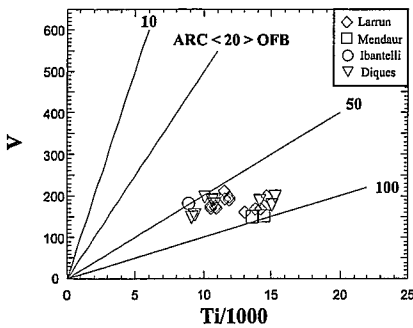


Fig.10. Diagrama V frente a Ti/1000.

Fig.10. V vs. Ti/1000 diagram

contenido en Nb/Y (Fig.2) y la relación AFM (Fig. 3), si bien destaca un enriquecimiento alto en Ti respecto a V (Fig. 10; Shervais, 1982) que está justificado por la incorporación selectiva del Ti en las augitas (Lasheras *et al.*, 1999b); también es indicativo de dicha tendencia el enriquecimiento en álcalis, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Nb y Ta así como un empobrecimiento en Y y Sr (Tab. 1). El contenido, relativamente alto, en Th y La puede ser explicado por procesos de contaminación cortical en este magmatismo mantélico y, en este sentido, pueden ser invocados los enriquecimientos en Ba así como variaciones relativas del contenido en Rb y Sr que están justificadas por análisis de los citados elementos en la plagioclasa de estas rocas (Lasheras, 1998), mineral siempre presente en elevado porcentaje modal.

La composición geoquímica de estas rocas permite, pues, sugerir un cogenetismo mantélico donde las diferencias, ligeras, en la composición de los líquidos iniciales pueden ser explicadas por una ligera fraccionación, según procesos de cristalización fraccionada donde la fraccionación en HREE es muy escasa, con normalización a MORB-N (Saunders y Tarney, 1984: Fig. 9) mientras que está suficientemente acusada en las LREE; esta fraccionación ha sido constatada en estudios modales para los basaltos de Larrun (Lasheras, 1988) o, complementariamente, por una diferente asimilación cortical que es común a todas estas rocas. El origen mantélico está de acuerdo con la composición isotópica en <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr (rango en 0.706-0.710) y de <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd (rango en 0.5123-0.5125) obtenidas por Innocent *et al.* (1994) para basaltos del sector de Larrun.

El emplazamiento de los diques, que afecta a la esquistosidad de segunda fase (Lasheras, 1998; Lasheras *et al.*, 1999a), y su régimen estructural indican, con bastante probabilidad, una coetaneidad a los niveles basálticos con edad de emplazamiento durante el período post-Autunien-

ROCA	ELA-2	ELA-3	ELA-17	ELA-25	ELA-33	ELA-42	ELB-3	ELD-6	ELD-7	ELC-9	ELC-10
SiO <sub>2</sub>	48,19	48,92	48,47	44,25	46,81	47,74	46,51	47,05	51,09	46,87	47,71
TiO <sub>2</sub>	2,30	2,37	1,93	1,92	2,30	1,98	1,56	2,41	2,27	1,68	1,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,23	16,46	17,80	17,29	16,91,00	17,73	17,36	16,94	16,14	17,18	16,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,12	10,45	9,94	14,71	11,06	10,60	7,80	11,79	9,70	9,61	9,74
MgO	7,00	5,93	6,72	6,28	4,94	6,93	5,32	6,40	6,40	7,40	6,71
MnO	0,07	0,08	0,13	0,11	0,25	0,11	0,11	0,10	0,11	0,16	0,16
CaO	1,02	1,57	6,63	5,81	9,01	6,26	6,87	2,65	2,30	8,33	7,08
Na <sub>2</sub> O	4,23	5,03	3,55	3,45	3,59	3,64	4,74	3,95	3,60	3,83	4,33
K <sub>2</sub> O	4,02	3,53	0,79	0,98	1,20	0,84	1,17	0,16	0,15	0,68	1,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,60	0,63	0,36	0,34	0,60	0,36	0,30	0,66	0,60	0,27	0,35
LOI	4,56	4,21	3,83	3,99	3,39	3,79	7,91	7,46	7,27	3,49	3,53
<b>TOTAL</b>	<b>99,34</b>	<b>99,18</b>	<b>99,95</b>	<b>99,13</b>	<b>100,06</b>	<b>99,98</b>	<b>99,65</b>	<b>99,57</b>	<b>99,63</b>	<b>99,50</b>	<b>99,26</b>
Li	81,77	58,90	62,98	63,64	43,57	77,55	111,19	179,56	176,40	36,55	32,84
Rb	33,80	19,91	12,09	16,44	18,45	11,64	47,72	2,97	3,27	18,07	27,06
Cs	1,34	0,86	1,29	1,59	1,97	1,62	4,57	8,27	8,10	0,74	0,78
Be	2,23	2,00	1,38	1,59	1,71	1,40	3,23	2,36	1,82	1,27	1,75
Sr	114,92	150,52	388,29	386,60	488,13	380,35	394,09	69,29	61,09	558,25	692,18
Ba	525,19	695,26	242,97	254,02	516,04	247,25	171,89	84,00	70,76	111,00	122,55
Sc	24,59	19,09	31,86	32,88	27,88	31,99	23,54	24,79	22,92	32,66	27,96
V	167,98	168,24	191,81	210,51	168,73	194,93	152,91	151,13	148,48	195,98	179,41
Cr	65,27	72,34	155,62	157,32	111,37	154,34	184,06	57,83	56,02	179,84	115,21
Co	31,81	26,89	34,41	34,05	27,32	38,20	36,41	35,06	37,38	39,52	37,17
Ni	24,60	26,91	35,81	36,09	31,63	38,59	119,00	25,35	23,21	77,21	69,89
Cu	11,58	12,44	25,14	20,68	63,03	35,17	43,02	14,21	14,89	55,86	43,53
Zn	230,06	182,81	127,25	130,48	296,28	120,09	68,53	232,93	221,25	68,84	72,56
Ga	21,26	17,09	19,52	19,35	20,27	19,93	17,67	22,95	21,68	17,44	18,18
Y	45,75	34,47	35,57	35,08	44,25	35,32	28,97	43,37	42,41	30,49	34,78
Nb	23,26	23,65	13,06	14,28	20,62	13,24	13,12	22,83	21,55	9,48	15,07
Zr	1,46	1,51	0,95	0,92	1,60	0,98	0,92	1,72	1,60	0,62	0,96
Ta	318,26	329,23	198,70	203,62	272,68	200,57	210,56	340,65	323,65	170,04	195,12
Hf	7,15	7,72	4,90	4,53	6,80	4,93	4,68	8,49	8,11	3,67	4,24
Mo	1,33	1,44	1,41	1,55	1,75	1,38	1,35	1,46	1,04	0,30	0,39
Sn	3,80	4,34	2,95	4,24	3,37	3,17	5,18	2,51	3,19	3,99	5,01
Tl	0,13	0,10	0,05	0,05	0,04	0,03	0,35	0,03	0,03	0,10	0,13
Pb	19,51	16,57	25,64	22,08	15,68	23,00	8,70	14,64	10,96	2,81	4,02
U	1,56	1,13	0,73	0,60	1,16	0,72	1,23	1,96	1,84	0,39	0,60
Th	10,73	7,27	3,17	2,97	6,43	3,22	6,60	11,77	11,31	1,08	2,35
La	70,38	40,44	28,67	26,54	59,67	28,27	27,75	78,99	77,75	13,16	17,89
Ce	143,45	119,71	59,10	56,82	117,81	58,33	59,14	156,33	156,05	31,04	42,47
Pr	16,72	9,29	7,32	6,95	14,23	7,20	7,23	18,60	18,55	4,16	5,41
Nd	61,83	34,73	29,77	28,03	55,23	28,96	28,30	70,03	68,53	18,28	23,28
Sm	10,68	6,67	6,40	6,06	10,00	6,28	5,71	11,91	11,81	4,55	5,35
Eu	2,27	1,36	2,07	1,87	2,54	1,96	1,78	2,19	2,56	1,51	1,57
Gd	8,77	6,02	6,67	6,07	9,28	6,44	5,16	9,42	9,70	4,93	5,59
Tb	1,33	0,97	1,04	1,00	1,35	1,03	0,82	1,46	1,42	0,81	0,90
Dy	7,71	5,93	6,86	6,16	8,85	6,58	5,05	8,24	8,17	5,20	5,77
Ho	1,56	1,25	1,44	1,33	1,79	1,37	1,01	1,77	1,71	1,11	1,25
Er	3,98	3,35	3,72	3,49	4,89	3,83	2,73	4,60	4,61	3,00	3,38
Tm	0,59	0,53	0,58	0,52	0,73	0,56	0,42	0,70	0,66	0,44	0,50
Yb	3,68	3,24	3,62	3,14	4,52	3,50	2,56	4,32	4,13	2,65	2,89
Lu	0,54	0,48	0,55	0,49	0,70	0,53	0,37	0,65	0,62	0,40	0,42

Tabla 1. Composición en roca total. ELA: basaltos de Larrun; ELD: basaltos de Mendaur; ELE: basaltos de Ibantelli; ELC: Diques de Yanci-Aranaz.

Table 1. Whole Rock composition: ELA: Larrun basalts; ELD: Mendaur basalts; ELE: Ibantelli basalts; ELC: Yanci-Aranaz dykes.

se a pre-Buntsandstein (Lasheras *et al.*, 1999a) y, si bien no existen, todavía, datos isotópicos que lo corroboren, al menos, el cogenetismo de ambas modalidades puede ser un criterio favorable toda vez que no existen magmatismos de afinidad análoga, y con origen mantélico, posteriores a esta edad en este u otro sector pirenaico.

**Consideraciones**

Los nuevos datos geoquímicos aportados para las tres cuencas pérmicas con

emplazamiento de sills basálticos (Larrun, Ibantelli y Mendaur) y en los diques doleríticos del sector de Yanci-Aranaz permiten caracterizar este magmatismo básico y poco diferenciado que, con origen mantélico y experimentando cierta contaminación cortical, está bien representado en el borde noroccidental pirenaico y en el borde norte de la Falla norpirenaica (FNP). El estudio de los elementos traza y de las REE permite establecer un carácter cogenético de origen mantélico donde, dentro de un rango reducido, es posible establecer la diferen-

cia relativa con orden creciente desde los diques doleríticos y los basaltos de Iban-telli hasta los basaltos de Larrun y de Mendaur (máxima diferenciación y sin olivino modal). También, según criterios geoquímicos, es posible establecer una comparación previa entre este magmatismo subalcalino de tendencia alcalina y el presente en los basaltos alcalinos, relativamente próximos, de Anayet (Huesca); esta comparación preliminar no puede ser completa hasta disponer de datos propios que contrastar con los parciales publicados por Innocent *et al.* (1994) para el sector de Anayet-Ossau. Los diques doleríticos aquí indicados podrían ser relacionados con los emplazados al E del complejo de Ossau para los que, con base a dataciones K/Ar en kaersutita, ha sido propuesta una edad saxoniense (Debon y Zimmermann, 1993). Si bien esta última comparación, entre los magmatismos en el Pirineo navarro y en el sector de Ossau-Anayet, debe ser confirmada según

otros criterios isotópicos, parece posible la vinculación de ambos magmatismos, subalcalinos de tendencia alcalina y origen mantélico, en un pulso coetáneo, o casi, del final del Pérmico superior (post-Autuniense a pre-Trías) que, de ser cierto, confirma la evolución temporal del vulcanismo post-Carbonífero del E al O de la cadena pirenaica según condiciones distensivas más amplias a las consideradas hasta el momento pues, según las condiciones geodinámicas establecidas, todo este magmatismo anorogénico considerado en el pirineo navarro se sitúa al N de la FNP (en condiciones tardi-hercínicas) siendo, muy posiblemente, coetáneo al establecido en su borde S o del sector de Ossau-Anayet (Bixel, 1996).

#### Referencias

- Bixel, F.(1996): *In: Barnolas, A.; Chiron, J.C. y Guerangé, B., (coord.), Synt. Géol. et Geoph. Pyrénées., BRGM- ITGE, É*, 399-404.
- Debon, F. y Zimmerman, J.L.(1993): *Schweiz.Mineral. Petrogr. Mitt.*, 73, 421-433
- Innocent, C., Briquieu, L. y Cabanis, B.(1994): *Tectonophysics*, 238, 161-168
- Lasheras, E. (1998): *Tesis Licenciatura*, Univ. de Zaragoza, 155 pags.
- Lasheras, E., Lago, M., García, J. y Arranz, E. (1999a): *Geogaceta*, 25 (este volumen)
- Lasheras, E., Lago, M., García, J. y Arranz, E. (1999b): *Geogaceta*, 25 (este volumen)
- LeFur-Balouet, S.(1985): *These 3 Cycle*, Paris VI, 288 pags.
- Saunders, A.D. y Tarney, J.(1984): *In Kokelaar, B.P. y Howells, M.F.(eds.), Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 16, 59-76
- Shervais, J.W. (1982), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59, 101-118.