



Condiciones del emplazamiento, Petrología y Geoquímica de las riolitas, calco-alcaldas y stephaniense-permicas, en las cadenas ibéricas

Setting conditions, Petrology and Geochemistry of calc-alkaline rhyolites, stephanian-permian, in the iberian chains

LAGO, M.; ALVARO, J., ARRANZ, E., POCIVI, A. y VAQUER, R.

Se exponen los caracteres del emplazamiento, la composición petrológica y geoquímica de unos sills riolíticos que, con afinidad calco-alcaldina, se emplazaron, bajo un ambiente sin-colisional, en diversos sectores de la Cadena Ibérica. Estas riolitas representan un origen crustal, con baja tasa de fusión, previo a un magmatismo calco-alcaldino de origen subcrustal.

Palabras clave: riolitas, Stephanianse-Pérmico, Cadenas Ibéricas.

The setting characters, the petrological and geochemical composition are exposed for some rhyolitic sills, with calc-alkaline affinity, which were set, in a syncolisional environment, in several areas of the Iberian Chains.

These rhyolites represent a crustal origin, with a low degree of fussion, previous to a calc-alkaline magmatism of subcrustal origin.

Key words: rhyolites, Stephanian-Permian, Iberian Chains.

LAGO, M.; ALVARO, J.; ARRANZ, E.; POCIVI, A. (Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. 50.009. Zaragoza). VAQUER, R. (Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geoquímica. Universidad de Barcelona (Pedralbes). 08071. Barcelona).

INTRODUCCION

En este trabajo se exponen las condiciones del emplazamiento, la composición petrológica y geoquímica, así como unas consideraciones genéticas acerca del magmatismo ácido que, con afinidad calco-alcalina y emplazamiento en el Stephaniense-Pérmico, aflora en las Cadenas Ibéricas. Las intrusiones subvolcánicas de las riolitas seleccionadas (sills y diques) representan del orden del 5 % en número, y del 10 % en extensión de afloramientos respecto al total de este magmatismo calco-alcalino que tiene una buena expresión de la secuencia: basaltos aluminicos-andesitas piroxénicas-andesitas anfibólicas-dacitas-daciriolitas-riolitas (LAGO, M. y POCIVI, A. 1991).

MARCO GEOLOGICO

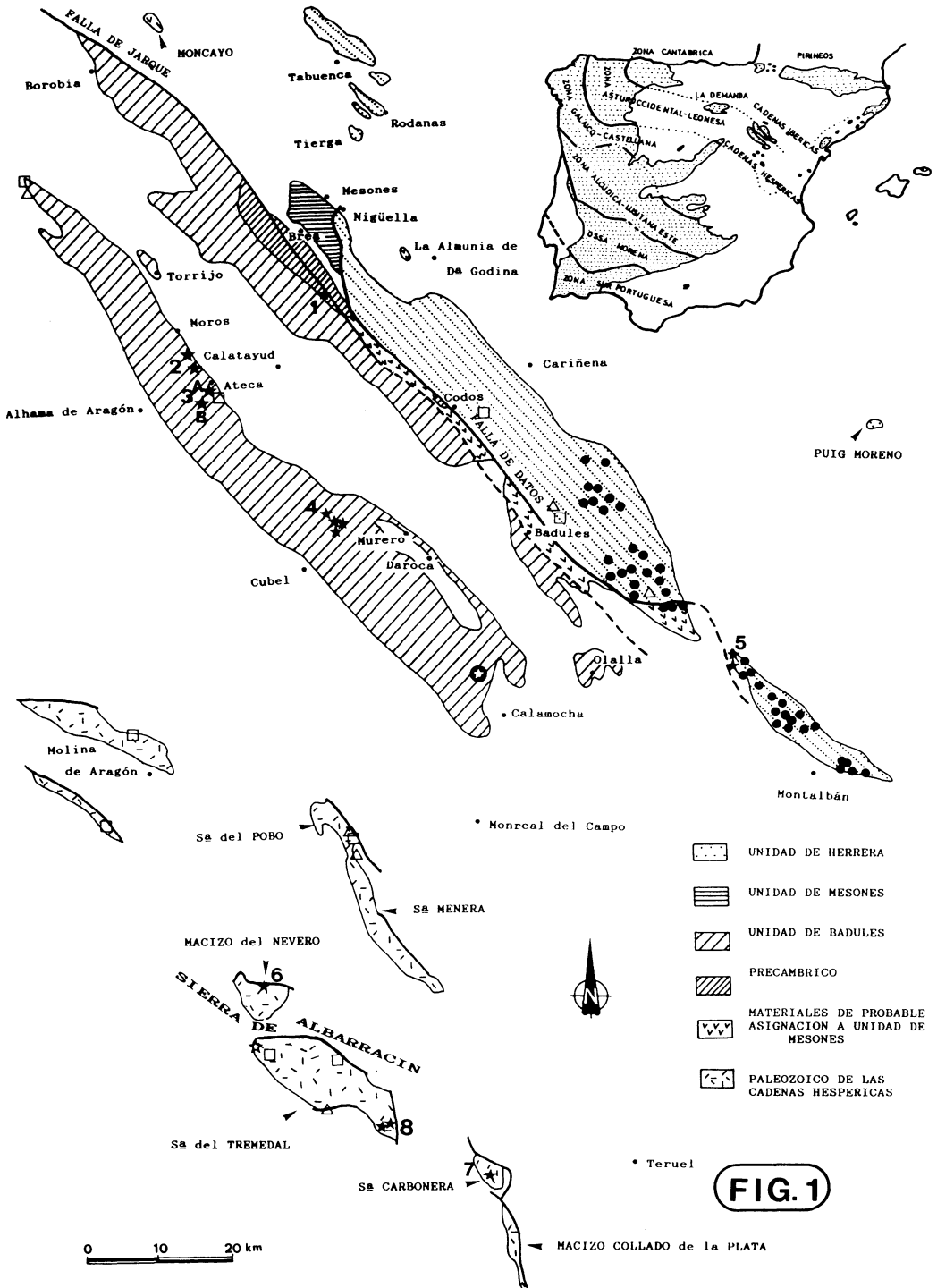
Los materiales paleozoicos de la Cordillera Ibérica constituyen dos alineaciones principales de afloramientos situados en los núcleos de las Cadenas Ibéricas, oriental y occidental, junto a los afloramientos aislados en las Cadenas Hespéricas (Fig. 1). Comprende cuatro unidades tectonoestratigráficas mayores: Herrera, Mesones, Badules (GOZALO, R. y LIÑAN, E., 1988) y Albarraçín (LIÑAN, E. *et al.*, 1991).

Consideradas en conjunto, las manifestaciones magmáticas (subvolcánicas y explosivas), afloran en materiales comprendidos desde el Precámbrico (LIÑAN, E. y TEJERO, R., 1988) hasta el Autuniense (LAGO, M. *et al.*, 1991) y, en todos los casos, están situadas estratigráficamente debajo de las Capas de Montesorro (¿Saxoniense?) y del Buntsandstein.

En lo que concierne a las riolitas subvolcánicas, sus dimensiones varían, desde pocos metros a varias decenas de metros en espesor y la longitud puede estar limitada a la escala métrica (Afloramientos 1, 2, 3 y 4; Fig. 1), o superar varios centenares de metros (Afloramiento 5; Fig. 1). Los condicio-

nantes básicos de su emplazamiento son los planos de estratificación (sills) y las discontinuidades debidas a planos estructurales principales (diques) de características variables (esquistosidad, fallas, etc.). Aunque los sills afloran en todas las litologías se ha observado un predominio volumétrico de las ubicadas en materiales devónicos mientras que los diques, por el contrario, están alojados preferentemente en materiales precámbricos, cámbricos y ordovícicos (Fig. 1). Es significativo el control estructural de estos últimos, cuyas formas tabulares se presentan asociadas a fallas y cabalgamientos importantes. En algunos de estos casos, se aprecian rejuegos que afectan a los diques riolíticos, apareciendo involucrados en las rocas de falla. En otros casos, están sellados e incorporados pasivamente a las reactivaciones alpinas. Es interesante destacar el desarrollo de estructuras de fluidalidad (con xenocristales de cuarzo y/o xenolitos orientados de materiales paleozoicos) y de micropliegues cuyos ejes muestran una orientación aleatoria. Los planos de fluidalidad aparecen adaptados, en algunos ejemplos, a las irregularidades de las brechas de falla (con fragmentos pizarrosos y cuarcíticos) y la no incorporación de los fragmentos riolíticos a la brecha confiere a estas fallas, una edad hercínica tardía, sin reactivaciones posteriores. El estudio realizado por autores diversos (VILCHEZ, J. F., 1984; CONTE, J. C., 1985; TEJERO, R. 1987; TEJERO, R. y CAPOTE, R., 1987; TORRES, J. A. *et al.*, 1990 y ALVARO, J., 1991), en un amplio número de afloramientos, indica que las intrusiones riolíticas afectaron a las estructuras tectónicas de las fases hercínicas (cortando pliegues, esquistosidad, etc.), sirviendo por ello como control relativo de posibles reactivaciones. En un marco general, las intrusiones están asociadas a fracturas con direcciones E-W, NW-SE y NE-SW, indicando que, al menos, éstas intrusiones se emplazaron durante las etapas tardi-hercínicas.

El metamorfismo de contacto es débil, reducido a una franja centimétrica a deci-



métrica. Por lo general, presentan un borde enfriado, con o sin estructuras de fluidalidad, también de espesor centimétrico. La mayor parte de los diques tiene un desarrollo tabular que, en algunos casos, presenta una prismación hexagonal bien desarrollada, pudiéndose observar entonces un aumento en la magnitud de los prismas, y en su granularidad mineral, desde el borde hacia el interior del afloramiento. Las intrusiones de mayor desarrollo tienen una apreciable zonación petrográfica (borde-centro).

La edad del emplazamiento es probablemente Autuniense si consideramos, de modo conjunto, los criterios:

a) estructurales: los cuerpos hipovolcánicos de riolitas son posteriores a las estructuras desarrolladas en las fases hercínicas (pliegues, esquistosidad, etc.) por lo que su emplazamiento se sitúa, dentro de las Unidades que nos ocupan, en época post-Westphaliense C (TORRES, J. A., 1990).

b) cronológicas: se ha observado que los microgabros y las andesitas piroxénicas datadas como Autuniense ($K/Ar: 293 \pm 2,5$ m. a.; LAGO, M. *et al.*, 1991) se emplazan afectando a andesitas anfibólicas preexistentes y, a su vez, estas últimas afectan a cuerpos riolíticos. Este carácter pluriepisódico se pone de manifiesto tanto en manifestaciones subvolcánicas, como en otras de carácter explosivo, con niveles de actividad separados por sedimentos con restos de flora del Autuniense (LAGO, M. *et al.*, 1991).

c) composicionales: es patente la analogía en lo concerniente a composición petrológica y geoquímica de éstas riolitas con otras ubicadas en la pequeña cuenca Autuniense de Sauquillo de Alcázar, en la provincia de Soria (LAGO, M. *et al.*, 1991).

Considerando los aspectos mencionados para este magmatismo en las Cadenas Ibéricas, podemos considerar dos etapas de emplazamiento. Una primera etapa, de carácter ácido, con probable origen crustal y reflejando un magmatismo en ambiente sinclinal y otra etapa posterior cuyo origen

tendría lugar a partir de un magma subcrustal y que comprende una secuencia completa, desde los basaltos hasta las riolitas, con un predominio volumétrico de andesitas. El conjunto de los datos disponibles sugiere que ambas etapas sean relativamente poco distantes entre sí y, en ambos casos, pertenecientes al Autuniense.

PETROLOGIA

Se han establecido cinco litotipos destacados existiendo transición gradual entre ellos: A) Riolitas microcristalinas, B) Riolitas holocristalinas, C) Riolitas hipocristalinas porfídicas no orientadas, D) Riolitas hipocristalinas porfídicas orientadas y E) Riolitas porfídicas con xenolitos frecuentes y orientación variable. En lo esencial, e independientemente de las variaciones texturales, la fluidalidad y las proporciones modales, así como la posible presencia de xenolitos (caso E), la composición primaria consta de cuarzo, feldespato potásico, albita, moscovita, y una variable proporción en biotita. La proporción de las micas (moscovita y biotita) es bastante reducida y, con frecuencia, se observan fenómenos de desestabilización. Es interesante destacar tres hechos: a) el desarrollo variable de procesos de desvitrificación en la pasta, b) los procesos de recristalización (secundaria), característicos en las de tipo B) y, por último, la alteración secundaria que, con composición y grado variables (sericitización, silicificación, ferruginización, carbonatización, cloritización, etc...) afecta a éstas rocas.

COMPOSICION GEOQUIMICA

La composición geoquímica de las doce riolitas seleccionadas (Fig. 1) comprende cinco litotipos y sus transiciones mutuas. La caracterización de estas riolitas está expresada en los diagramas $Na_2O + K_2O - SiO_2$ (Fig. 2), $K_2O - SiO_2$ (Fig. 3), R1 - R2

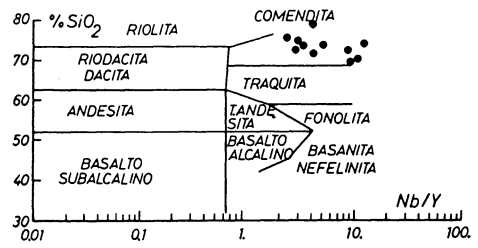
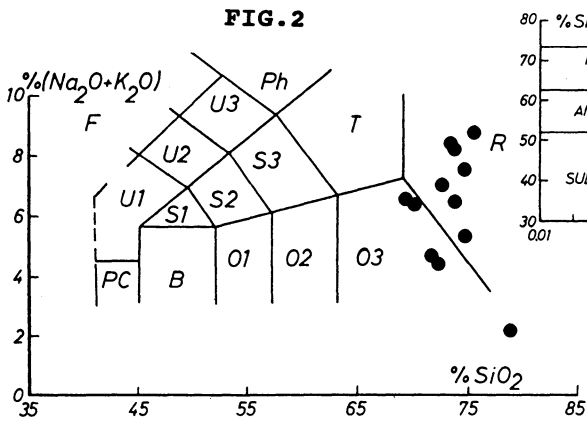


FIG. 5

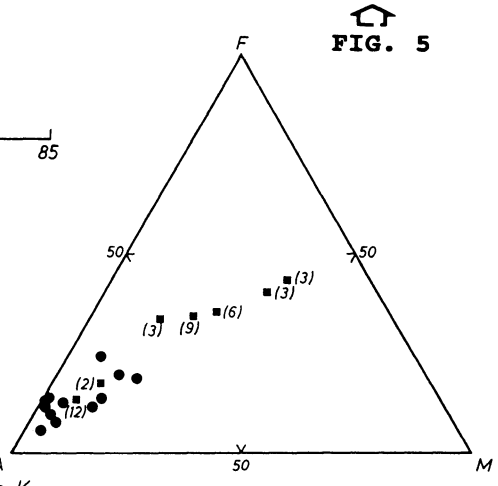
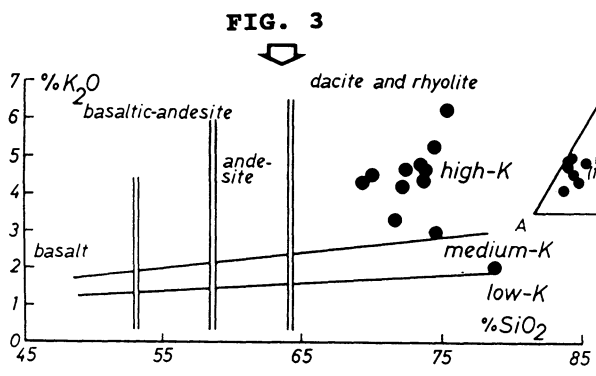


FIG. 6

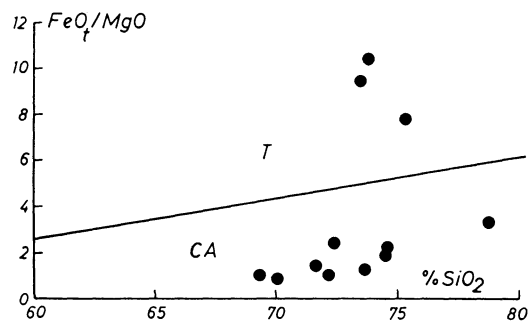
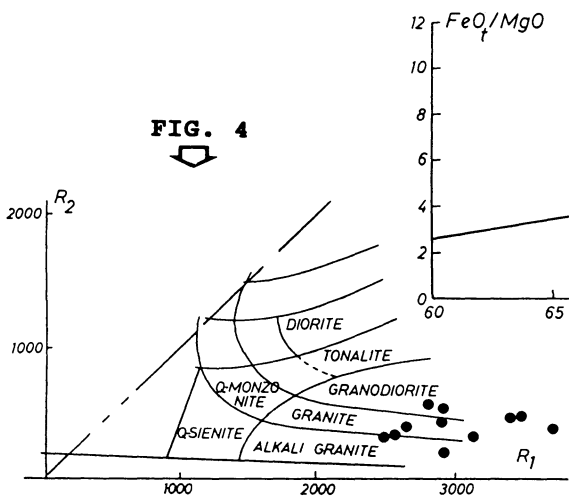


FIG. 7

(Fig. 4), $\text{SiO}_2\text{-Nb/Y}$ (Fig. 5). Es importante destacar que las desviaciones observadas (p. e. en elementos mayores) reflejan notablemente el desarrollo de procesos secundarios (p. e. silicificación, carbonatización, ferruginización, cloritización, etc.). La relación AFM (Fig. 6) muestra la afinidad calco-alcalina, donde, para una mejor comprensión, se han proyectado los valores promedio (junto al número de muestras consideradas) en la serie: basaltos-andesitas piroxénicas-andesitas anfibólicas-dacitas-dacioriolitas-riolitas. El valor $\text{FeO}_i/\text{MgO-SiO}_2$ (Fig. 7) confirma esta afinidad.

En lo relativo a elementos traza (Tabla I) cabe destacar un alto contenido relativo en Rb, Ba y Th y unos valores bajos en Nb e Y. El estudio de relaciones interelementales (Tabla 2) permite observar un valor bajo en los casos (Tabla 2): Ta/Th (0.16–0.31); Tb/Th (0.02–0.04); Tb/Ta (0.1–0.2); Nb/Th (0.71–3.62); Hf/Th (0.31–0.75); Hf/Ta (1.8–2.5); U/Th (0.37–0.84); Th/La (0.34–0.65) y, contrariamente, un valor alto en los de Rb/Tb (870–1730); Rb/Ta (91–226); Rb/Th (10.06–47.50); Ba/Th (13.43–133.18) y Zr/Y (15–51). Hay pues, un aumento relativo en Th (Fig. 8), La (Fig. 9) y Rb (Figs. 10 y 11).

Una inspección a los contenidos en Rb, Nb, Ta e Y permite considerar a estas rocas adscritas a un ambiente orogénico (Nb-SiO_2 : Fig. 12), de carácter sin-colisional (Tb-Rb/100-Ta : Fig. 10 y Y/44-Rb/100-Ta : Fig. 11), según la propuesta de THIEBLEMONT, D. y CABANIS, B. (1990) y de PEARCE, J. A. *et al.* (1984) según se muestra en las Figs. 14 (Rb-SiO_2), 15 (Nb-Y) y 16 (Rb-Y+Nb). La proyección en el diagrama Rb-SiO_2 (PEARCE, J. A. *et al.*, 1984: Fig. 13), sugiere un ambiente de emplazamiento intracontinental. Estos resultados indicarían la génesis de un fundido crustal asociado estrechamente a situaciones tectónicas compresivas con una evolución posterior a otras situaciones distensivas que facilitaron el emplazamiento del magma. En lo esencial, es-

te fundido crustal se generaría en una etapa con predominio general de los desgarres tardihercínicos que, localmente, provocarían situaciones compresivas y/o distensivas. El emplazamiento se produciría durante los episodios distensivos. No obstante, como se discute más adelante, no se descarta un fundido de origen subcrustal posterior, con una significativa fraccionación en K, Rb, Ba y Th. El enriquecimiento en estos elementos está mostrado en la Figura 17 donde es patente el empobrecimiento en Ce, Hf, Zr, Sm, e Y cuando normalizamos estas riolitas con ORG (PEARCE, J. A. *et al.*, 1984). Si se aceptan estas pautas, sin-colisionales e indicadoras de una anatexia crustal (CHAPELL, P. W. y WHITE, A. J. R., 1974; LAMEYRE, J. 1980) sólo queda por decir cuáles puedan ser sus condicionantes genéticos. Previa a esta discusión, interesa retener tres consideraciones: a) el bajo contenido en micas; b) la interferencia de bastantes, no todas, de estas riolitas por intrusiones andesíticas y, finalmente; c) el desarrollo de procesos secundarios que, afectando con variable magnitud a las riolitas, enmascara su composición real (p. e. variación en el enriquecimiento real, alto del K y Ba, y otras desviaciones en Rb y Th). La normalización de estas riolitas con el granito de Novate (Alpes italianos, PEARCE, J. A. *et al.*, 1984), con carácter COLG, permite apreciar un buen ajuste de estas riolitas con el granito citado. En detalle (Fig. 18), se constatan las pautas positivas y negativas ya citadas para los REE, excepto para el Ba que presenta una anomalía negativa con rango variable. Para conocer de forma más aproximada el contenido real de los elementos significativos, se ha normalizado la composición de estas riolitas con el contenido promedio de la corteza (TAYLOR, S. R. y McLENNAN, S. M. 1985). Según se observa en la Figura 19, hay un enriquecimiento destacado en Rb, Ba y Th; un ligero enriquecimiento en Nb, un empobrecimiento en Sr, Y, Zr, La, Ce, Nd y Sm, y un valor bajo, sin una anomalía destacada, en Eu.

TABLA I: Composiciones en Riolitas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO2	74,56	74,5	75,34	73,62	72,38	73,5	73,8	70	69,3	78,7	71,6	72,1
TiO2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04
Al2O3	14,8	13,73	14,26	14,19	14,34	14,7	14,8	14,6	14,2	13,8	15,2	14,8
Fe2O3	0,79	0,49	1,17	0,56	0,75	1,31	1,14	0,94	1,16	0,77	1,39	1,3
MnO	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,021	0,023	0,041	0,044	0,008	0,024	0,06
MgO	0,35	0,26	0,15	0,44	0,31	0,14	0,11	1,06	1,14	0,23	0,95	1,24
CaO	1,52	0,78	1,06	1,07	1,35	0,19	0,32	1,82	2,25	0,17	1,2	0,31
Na2O	2,37	2,28	2,52	2,12	2,35	3,59	3,57	1,9	2,22	0,13	1,37	0,22
K2O	2,96	5,23	6,23	4,32	4,64	4,76	4,62	4,48	4,28	2,04	3,29	4,18
P2O5	0,05	0,99	0,05	0,02	0,03	0,016	0,019	0,036	0,034	0,026	0,031	0,032
LOI	3,2	1,7	0,98	2,75	3,18	1,54	1,62	5,16	5,39	4,47	4,93	5,77
Total	100,62	100,04	101,78	99,12	99,35	99,81	100,06	100,08	100,06	100,38	100,05	100,05
Li	---	---	---	---	---	56	55	136	119	151	35	155
B	---	---	---	---	---	45	38	70	50	326	367	71
V	---	---	---	---	---	7	6	7	5	7	14	11
Cr	---	---	---	---	---	70	2	37	60	110	42	38
Ni	---	---	---	---	---	4	2	<1	2	2	8	<1
Rb	108,6	169,5	197	184	205	219	226	173	174	88	152	91
Sr	33,8	60,8	151,2	144	162	125	133	164	161	160	14	168
Y	3,1	3	3,4	3	4	1	2	2	2	1	1	2
Zr	47,9	41,2	50,6	59	64	45	47	30	38	51	50	46
Nb	7,7	8,8	7,8	10	11	12	10	21	18	8	8	17
Ba	145	608	1132	480	535	758	763	545	618	104	250	463
La	---	---	---	---	---	10,4	9,6	11,2	11	12,1	9,5	12,7
Ce	30	41	28	29	35	20,4	19	21,9	22,9	22,7	17,7	24,4
Pr	---	---	---	---	---	2,7	2,5	2,8	2,8	2,6	2,1	2,9
Nd	---	---	---	---	---	10,6	10,2	10,6	10,4	10,2	8,4	11,4
Sm	---	---	---	---	---	2,9	2,9	2,2	2,3	2,3	1,9	2,9
Eu	---	---	---	---	---	0,94	0,95	0,56	0,62	0,66	0,72	0,78
Gd	---	---	---	---	---	2,1	1,9	1,4	1,7	1,6	1,1	1,7
Tb	---	---	---	---	---	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Dy	---	---	---	---	---	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,5
Ho	---	---	---	---	---	<0,05	<0,05	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Er	---	---	---	---	---	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	0,2
Tm	---	---	---	---	---	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Yb	---	---	---	---	---	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Lu	---	---	---	---	---	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hf	---	---	---	---	---	2	2,5	2	1,8	1,9	2,4	2
Ta	---	---	---	---	---	1	1	1	1	1	1	1
Th	10,8	6,2	8,5	---	---	6,4	6,2	5,8	6,1	5,4	3,2	5,5
U	---	---	---	---	---	4,5	4,6	2,7	2,7	2	2,7	2,3

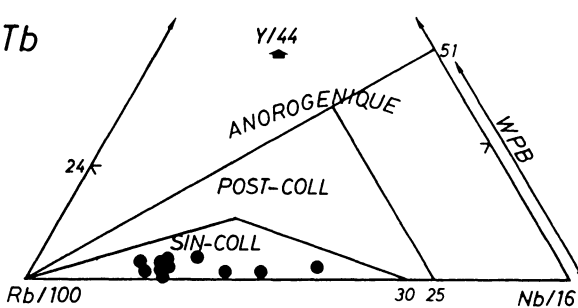
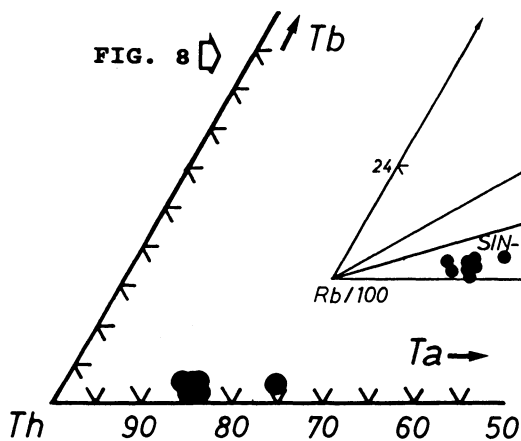


FIG. 11

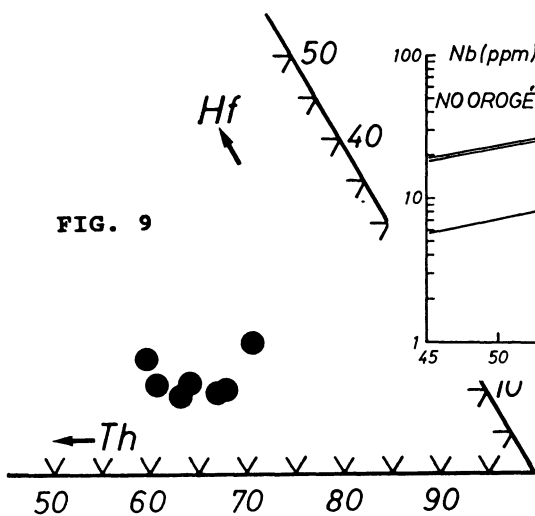


FIG. 9

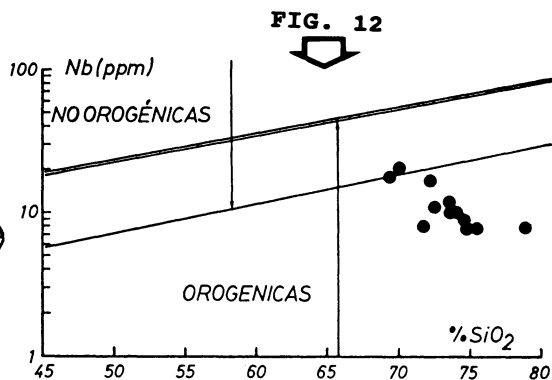


FIG. 12

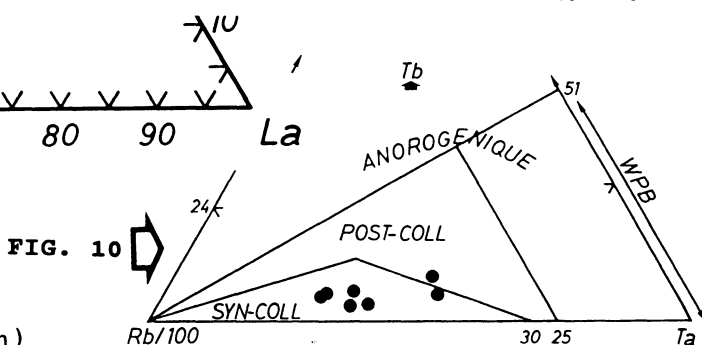


FIG. 10

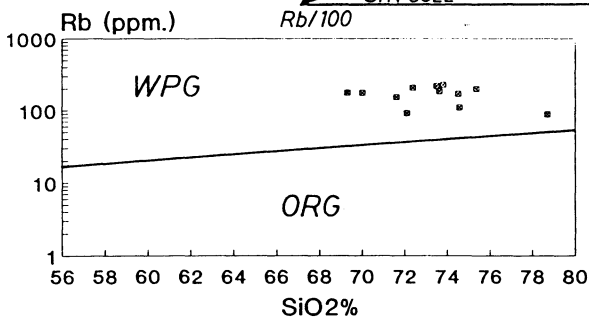


FIG. 13

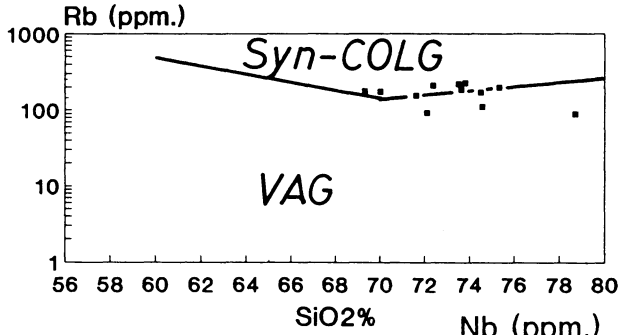


FIG. 14

FIG. 15

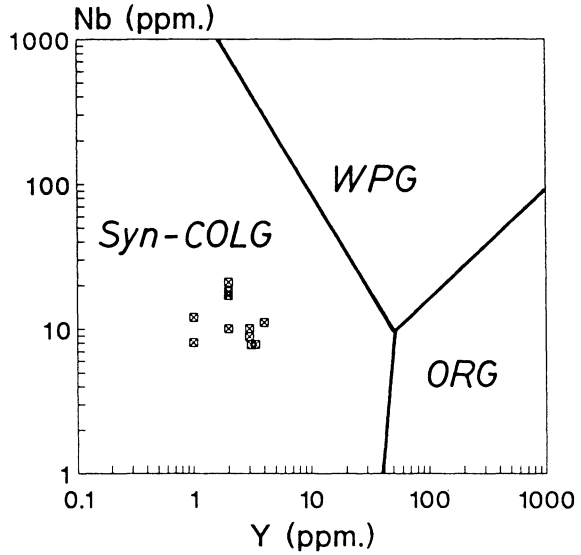


FIG. 16

FIG. 17

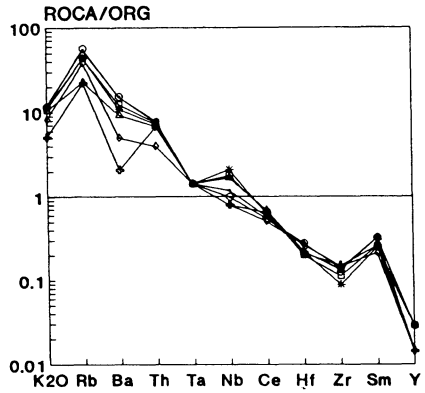
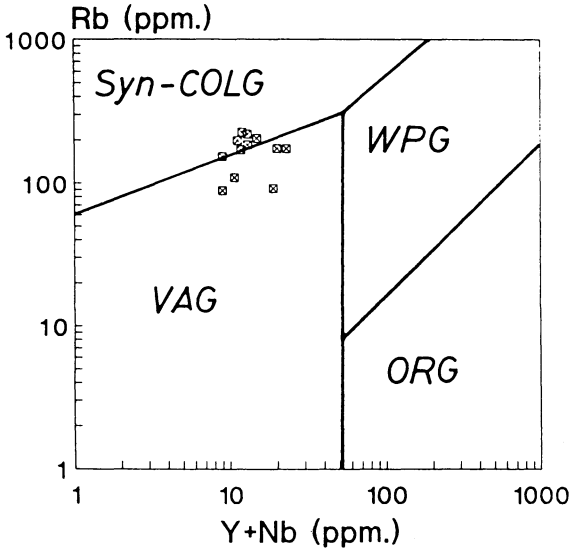


FIG. 18

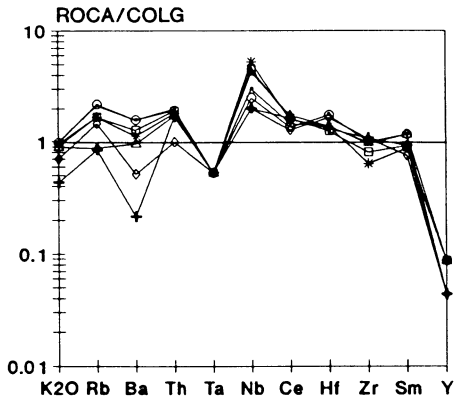


FIG. 19

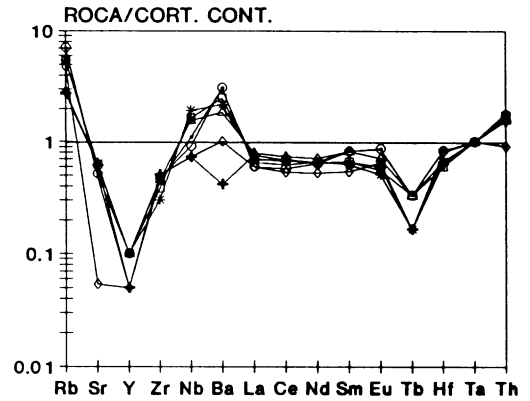


TABLA 2. Relaciones interelementales en riolitas

Ta/Th						0,16	0,16	0,17	0,16	0,19	0,31	0,18
Tb/Th						0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04
Tb/Ta						0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Rb/Tb						1095	1130	1730	870	880	1520	455
Rb/Ta						219	226	173	174	88	152	91
Rb/Th	10,06	27,34	23,18			34,22	36,45	29,83	28,52	16,30	47,50	16,55
Nb/Th	0,71	1,42	0,92			1,88	1,61	3,62	2,95	1,48	2,50	3,09
Ba/Th	13,43	98,06	133,18			118,44	123,06	93,97	101,31	19,26	78,13	84,18
Hf/Th						0,31	0,40	0,34	0,30	0,35	0,75	0,36
Nb/Ta						12	10	21	18	8	8	17
Y/Tb						5	10	20	10	10	10	10
Hf/Ta						2	2,5	2	1,8	1,9	2,4	2
U/Th						0,70	0,74	0,47	0,44	0,37	0,84	0,42
La/Tb						52	48	112	55	121	95	63,5
La/Ta						10,4	9,6	11,2	11	12,1	9,5	12,7
Th/La						0,62	0,65	0,52	0,55	0,45	0,34	0,43
Zr/Y	15,45	13,73	14,88	19,67	16	45	23,5	15	19	51	50	23
Ti/Zr	1,25	1,45	1,18	2,03	0,94	5,33	5,10	7,99	6,31	4,70	7,19	5,21

CONSIDERACIONES

Los datos expuestos (los relativos a los condicionantes del emplazamiento, los petrológicos y geoquímicos) sugieren pensar en un origen crustal, con reducida tasa de fusión, para este magmatismo ácido, generando un magma, en un ambiente sin-colisional (condiciones de transpresión) y con una edad tardi-hercínica, cuyo ascenso y emplazamiento pudo verificarse, posteriormente. En condiciones más distensivas se podría generar un magma subcrustal cuyo ascenso rápido estaría facilitado por las discontinuidades estructurales previas y, más en superficie, por los planos de estratificación. Este segundo magmatismo presenta un desarrollo volumétrico dominante de andesitas (LAGO, M. y POCOVI, A., 1991). Es significativo tener presente que este magmatismo andesítico, es más abundante en la Cadena Ibérica Oriental, presenta un alto contenido en minerales hidratados son frecuentes los xenolitos (granitoideos y metamórficos) y el granate es xenocrystalino; éstos aspectos están, ciertamente, ausentes en el magmatismo crustal, de tipo ácido, y al que suponemos corresponde a una etapa precursora. Este primer magmatismo ácido es más abundante en la Cadena ibérica occidental.

La extrema dificultad que presenta la reconstrucción, tectónica y geométrica, de la disposición y morfología de las cuencas pérmicas (actualmente aisladas y deformadas) impide, por el momento, la realización de un modelo definitivo para el emplazamiento de estas rocas hipovolcánicas. El establecimiento de un estado tectónico de desgarres tardihercínicos podría haber favorecido condiciones locales transtensivas, que permitieran el ascenso de magmas, con predominio riolítico en la Cadena Ibérica Occidental al principio, y evolucionando a términos andesíticos posteriormente (predominio en el Anticlinal de Montalbán). Probablemente estas dos etapas magmáticas pertenezcan a aportes diferenciados cronológica y petrogenéticamente. El desarrollo de las grandes fallas tardihercínicas dio lugar a la formación de las cuencas Autunienses, probablemente en régimen transtensional o de «releasing bend», como cuencas de «pull apart» (CROWELL, 1974).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo desarrolla objetivos previstos en el Proyecto PB 89-0346 de la DGICYT.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARO, J. (1991). El Cámbrico inferior y medio en un sector de la Cadena Ibérica Occidental entre Ateca y Moros (Zaragoza). *Tesis de Licenciatura*, Univ. Zaragoza, 150 pp. Inédita.
- CAPOTE, R. & GONZALEZ LODEIRO, F. (1983). La estructura herciniana en los afloramientos paleozoicos de la Cordillera Ibérica. En IGME (Ed.), *Libro Jubilar J. M. Ríos*, Tomo I, 513-529.
- CONTE, J. C. (1985). Estudio geológico, petrológico y geoquímico de las manifestaciones magmáticas situadas en la depresión axial del Cámaras y sector norte del Anticlinal de Montalbán (provincias de Zaragoza y Teruel). *Tesis de Licenciatura*, Universidad de Zaragoza, 308 pp.
- CONTE, J. C., GASCON, F., LAGO, M. y CARLS, P. (1987). Materiales Stephano-Pérmicos en la fosa de Fombuena (Provincia de Zaragoza). *Bol. Geol. Minero*, T. XCVIII-IV: 460-470.
- CROWELL, J. C. (1974). Origin of late Cenozoic basins in southern California. En: W. R. DICKINSON (Ed.): *Tectonics and sedimentation*. S. E. P. M. *Spec. Publ.*, 22, 190-204.
- CHAPPELL, P. W. y WHITE, A. J. R. (1974). Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, 8, 173-174.
- GOZALO, R. y LIÑAN, E. (1988). Los materiales hercínicos de la Cordillera Ibérica en el contexto de Macizo Ibérico. *Estudios Geol.*, 44, 399-404.
- LAGO, M. y POCOVI, A. (1991). Magmatismo de Teruel. En: M. Gutiérrez y A. Meléndez (Eds.): *Introducción a la Geología de la Provincia de Teruel*. Inst. Estudios Turolenses, Teruel, pp. 85-93.
- LAGO, M., POCOVI, A., ZACHMANN, D., ARRANZ, E., CARLS, P., TORRES, J. A. y VAQUER, R. (1991). Comparación preliminar de las manifestaciones magmáticas, calco-alcalinas y Stephaniense-Pérmicas, de la Cadena Ibérica. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 16, 95-107.
- LAMEYRE, J. (1980). Les magmas granitiques, leurs comportements, leurs associations, leurs sources. *Mém. b. s. Soc. Géol. Fr.*, París, 10, 51-62.
- LIÑAN, E. & TEJERO, R. (1988). Las formaciones precámbricas del antiformal de Paracuellos (Cadenas Ibéricas). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 84 (1-2), 39-49.
- LIÑAN, E., VILLAS, E. y GOZALO, R. (1991). El Paleozoico de Teruel. En: M. Gutiérrez y A. Meléndez (Eds.) *Introducción a la Geología de la provincia de Teruel*, Inst. Estudios Turolenses, Teruel, pp. 11-35.
- PEARCE, J. A., HARRIS, N. B. W. y TINDLE, (1984). Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, part 4, 956-983.
- TAYLOR, S. R. y MAC LENNAN, S. M. (1985), *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell Sc. Publ., Oxford, 312 pags.
- TEJERO, R. (1987). Tectónica de los macizos paleozoicos al NE de Calatayud, Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Prov. de Zaragoza). *Tesis Doctoral.*, U. C. Madrid: 320 pp.
- TEJERO, R. y CAPOTE, R. (1987). La deformación hercínica en los macizos paleozoicos nororientales de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geol.*, 43, 425-434.
- THIEBLEMONT, D. y CABANIS, B. (1990). Utilisation d'un diagramme (Rb/100)-Tb-Ta pour la discrimination géochimique et l'étude pétrogénétique des roches magmatiques acides. *Bull. Soc. géol. France.*, (8), t. VI, n.º 1, 23-35.
- TORRES, J. A., LAGO, M., POCOVI, A. y CARLS, P. (1989). Caracteres geológicos del magmatismo calco-alcalino, Stephaniense-Pérmico, en el Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel), *Teruel*, Vol. 81, T. I (en prensa).
- TORRES, J. A. (1990). Estudio petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial del magmatismo calco-alcalino, Stephaniense-Pérmico, en el Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *Tesis Licenciatura*, Universidad Zaragoza: 528 pp.
- VILCHEZ, J. F. (1984). Rasgos geológicos y estructurales de la Unidad de Herrera (Cadena Ibérica). *Tesis Licenciatura*. Universidad de Zaragoza: 94 pp. Inédita.

Recibido, 17-II-92
Aceptado, 26-VIII-92