

Caracteres de la fosa de Bronchales (Stephanien- se-Pérmico) y de la turmalinización asociada a riolitas calco-alcálinas (Provincia de Teruel)

Characters of the Stephanian-Permian Bronchales basin and the tourmalinization associated to calc-alkaline rhyolites (Teruel Province)

LAGO, M.; AUQUÉ, L.; ARRANZ, E.; GIL-IMAZ, A.; POCIVI, A.

La turmalinización que afecta a riolitas calco-alcálinas presentes en la fosa transtensional de Bronchales, con edad Autuniense, destaca por el elevado contenido en B (0.87 % de promedio). Esta mineralización muestra un enriquecimiento de HREE y un empobrecimiento en LREE debido a que el fluido mineralizante (rico en F) pudo ejercer una función acomplejante para estos elementos y, también, con carácter selectivo, para As, Sn, Sb y Bi.

Palabras clave: Turmalina, Chorlo, Stephaniense-Pérmico, Teruel.

Calc-alkaline rhyolites of Bronchales transtensional basin (Autunian age) are affected by a tourmalinization process. Tourmalinized rhyolites with 0.87 % of boron as average value show As, Sb, Sn and Bi increments over nontourmalinized ones, as well as important enrichments of HREE over LREE possibly because tourmalinization fluids were enriched in complexing agents (i.e.F).

Key words: Tourmaline, schorl, Stephanian-Permian, Teruel.

INTRODUCCION

Este trabajo tiene dos aspectos de interés. En primer lugar se describen los rasgos geológicos de una fosa situada en el borde sur-oriental de la Sierra de Albarraçín (Cadena Ibérica, Teruel) en la que está presente un magmatismo calco-alcalino, de edad Autuniense. En segundo término, se estudian las características (mineralógicas y geoquímicas) de una mineralización de turmalina (chorlo) que aporta un alto enriquecimiento en B (rango en 0.03-1.70 %, y promedio de 0.87 % en roca total) y, también, el particular significado petrogenético (con enriquecimiento destacado en los HREE respecto a los LREE) puede representar una contribución interesante, en este dominio, respecto a los conocimientos establecidos. Ambos aspectos suponen una aportación relevante a los conocimientos obtenidos, sobre los materiales hercínicos de la Cadena Ibérica.

RASGOS GEOLOGICOS DE LA FOSA DE BRONCHALES

Como consideración general, los materiales que afloran en esta fosa son un conjunto de rocas sedimentarias paleozoicas y los generados, con carácter pluri-episódico y composición diversa, por el magmatismo calco-alcalino con edad de emplazamiento en el Autuniense. La fosa está ubicada en los sedimentos hercínicos del borde sur-oriental de la Sierra de Albarraçín (Fig. 1A) y está limitada al NE por el cabalgamiento de los materiales cuarcíticos, atribuidos al Ordovícico superior (LENDINEZ *et al.*, 1981 y PORTERO *et al.*, 1983), mientras que su borde sur comprende un sistema de fallas con dirección general NW-SE (Fig. 1B).

Las características particulares de la fosa están expuestas, en el esquema de la Figura 2. Si bien las condiciones del afloramiento no son muy favorables, se puede observar, con todo detalle, en los límites de la fo-

sa: a) un desarrollo de una brechificación acompañada por b) indicadores de movimiento cuya dirección y sentido son difíciles de reconstruir debido a la actuación de deformaciones post-hercínicas que borran los rasgos orientales. La fosa es recubierta por los materiales triásicos (Fig. 2D) y experimenta un proceso de deformación y cabalgamiento posterior (Fig. 2E).

El modelo propuesto por nosotros implica el desarrollo de una subsidencia, importante, por desgarre de los materiales del zócalo, según un modelo compartimentado (Fig. 2 A y B). Este desgarre constituye la discontinuidad estructural que, en edad Autuniense, es el medio de emplazamiento de un magmatismo calco-alcalino pluri-episódico según, al menos, siete etapas de actividad (Fig. 3) que alternan con una sedimentación de brechas cuarcíticas y pizarrosas, procedentes, básicamente, de los bordes levantados de la fosa. El modelo de emplazamiento es bastante análogo al de otras fosas transtensionales descritas en la Cadena Ibérica (LAGO *et al.*, 1991 a y b; 1992). En una etapa poco posterior a la indicada se produce, a favor de la fracturación desarrollada, una mineralización importante de turmalina (con una composición del término chorlo) que, desarrollada preferentemente en las zonas de los bordes de la fosa, afecta a las riolitas. Esta mineralización, que nunca afecta a los sedimentos triásicos suprayacentes, es tardi-Autuniense y pretriásica.

La realización de un perfil, muy detallado, NNE-SSW, en el borde norte de la fosa de Bronchales permite identificar los rasgos de: a) actividad pluri-episódica del magmatismo con, prácticamente, una composición uniforme (riolita) durante las etapas finales del magmatismo y, en segundo lugar, b) la composición de los sedimentos del borde de la fosa que, en detalle, representan un relleno rápido de la cuenca tras un transporte muy reducido según es manifiesto por los parámetros granulométricos (angulosidad destacada, escasa selección, etc.). En el perfil de la Figura 3 se aprecia la alternancia de

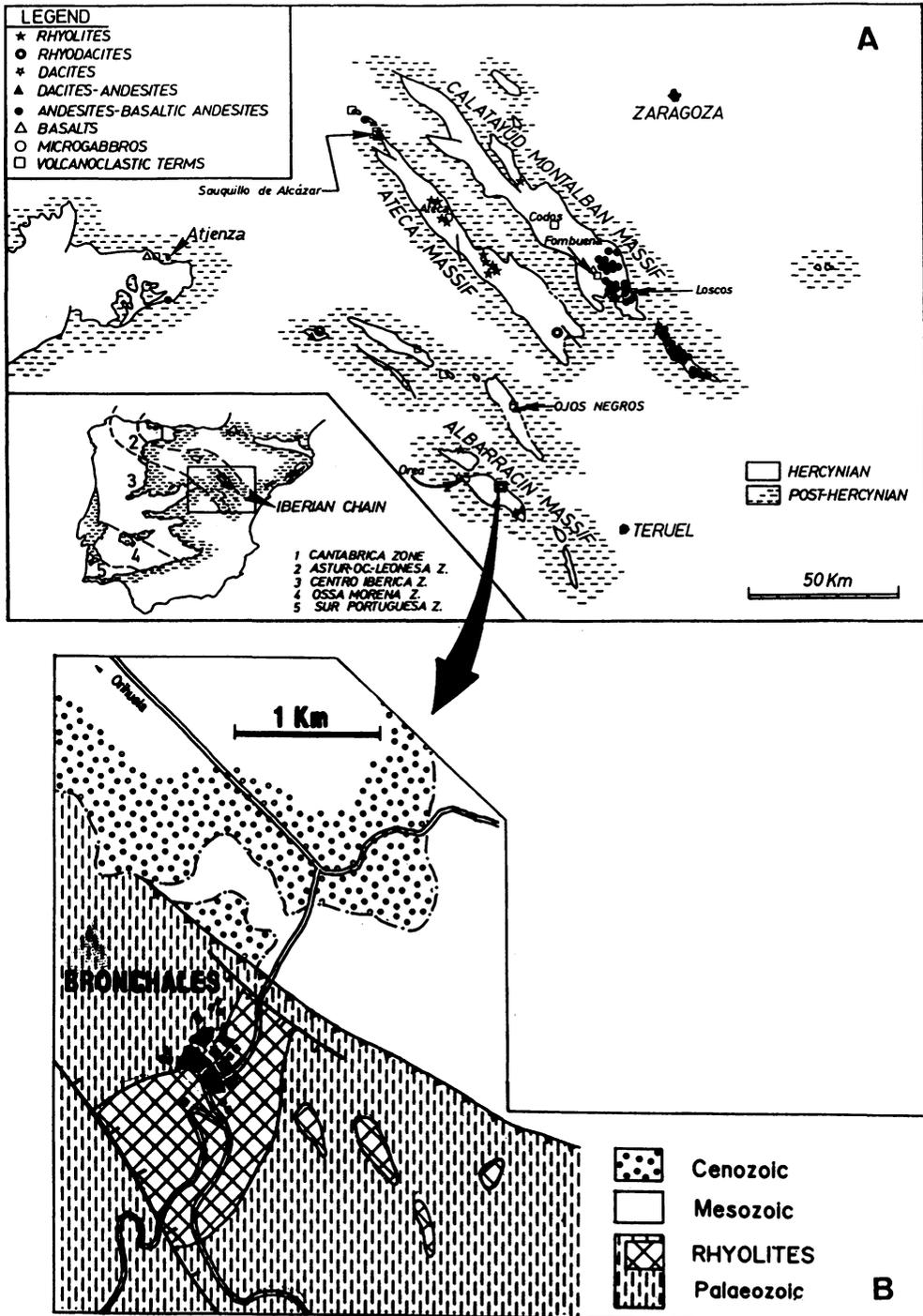


Fig. 1. A): Ubicación de Bronchales en la Sierra de Albarracín.
B): Cartografía del afloramiento.

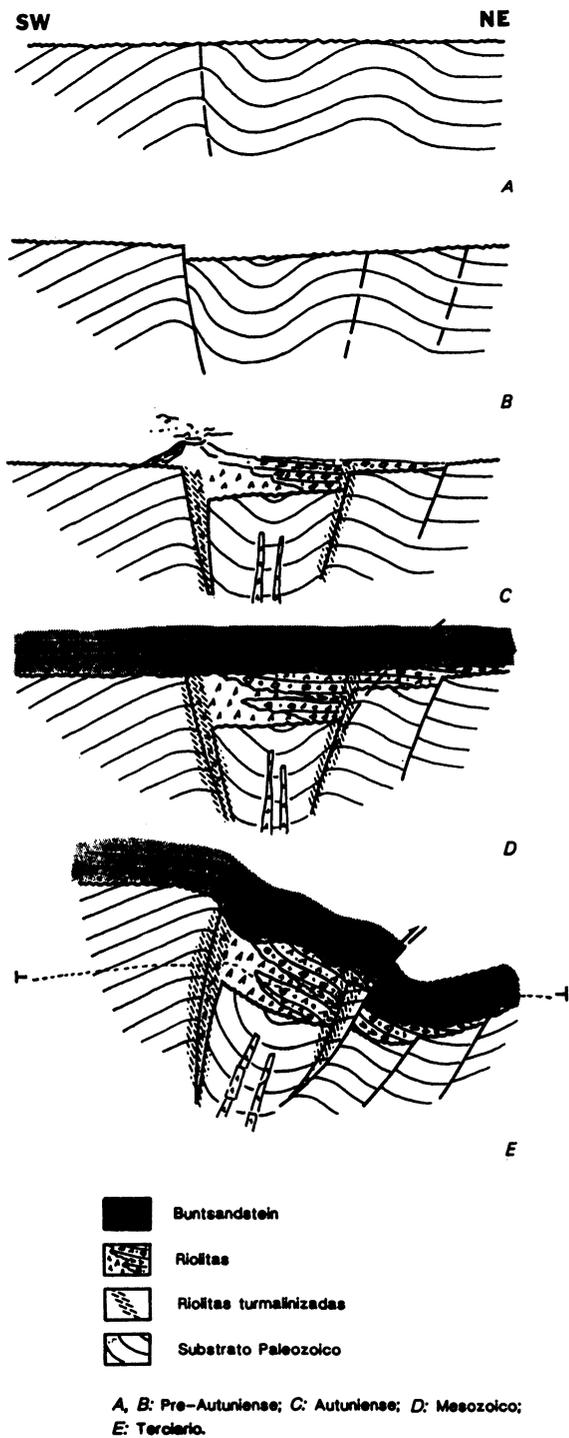


Fig. 2. Modelo de emplazamiento de la fosa de Bronchales con indicación del magmatismo y la turmalinización posterior.

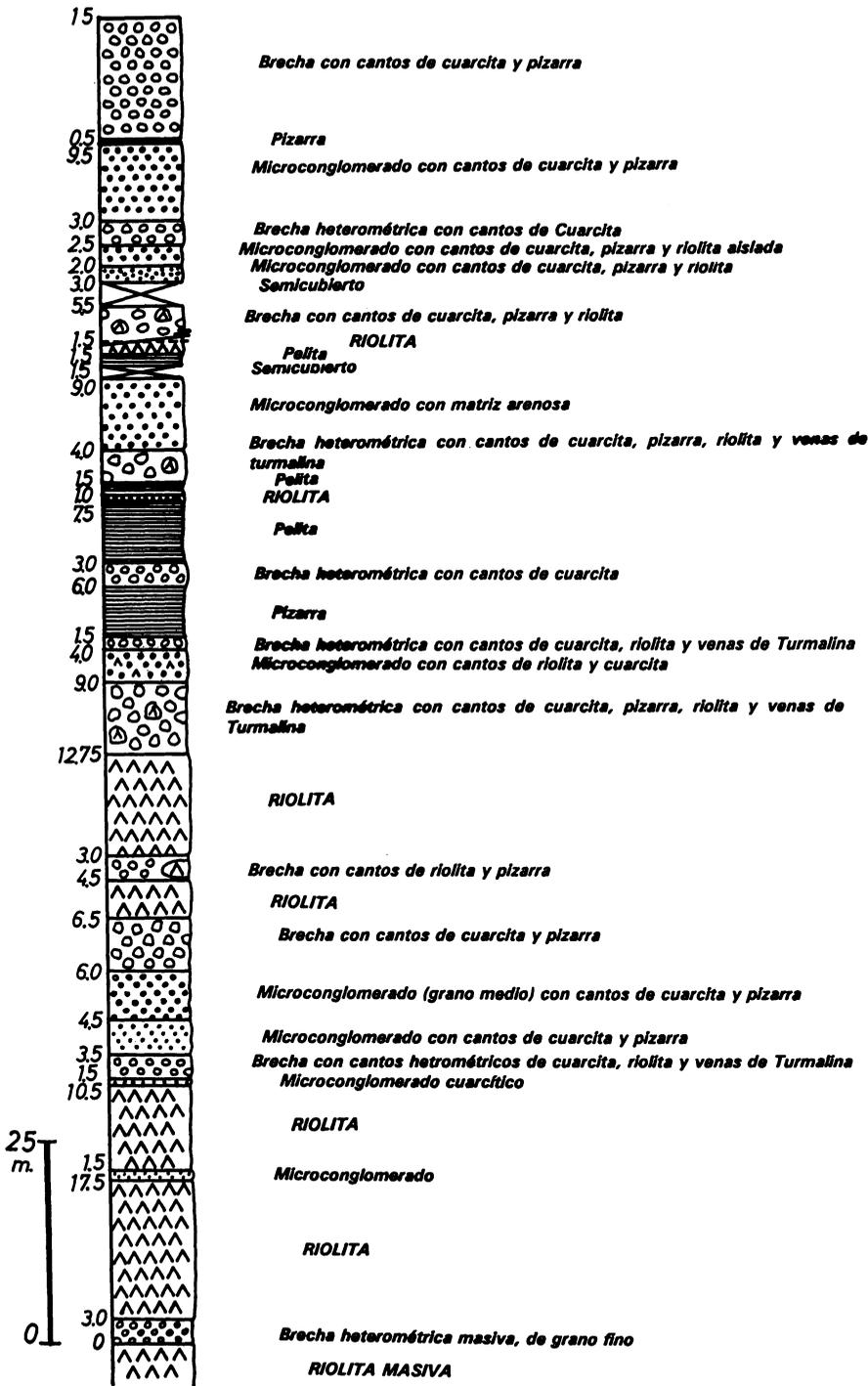


Fig. 3. Perfil estratigráfico (N-S) al N del pueblo de Bronchales.

los episodios magmáticos, de reducida intensidad, con las etapas de sedimentación rápida y relleno de la fosa.

En lo que concierne al magmatismo destacamos que, en lo esencial, consta de volúmenes reducidos de andesitas y dacitas ubicados en el borde sur de la población de Bronchales donde se pueden estudiar sus características en la base de las edificaciones rurales y, de forma aislada, en el afloramiento más oriental de los cartografiados. Así pues, la parte central y los restantes afloramientos comprenden a las riolitas que representan el mayor volumen de las rocas ígneas aflorantes. Por otra parte, aunque todas las litologías magmáticas están afectadas por la mineralización, las riolitas experimentan la mayor extensión e intensidad de la turmalinización, la cual es especialmente relevante en las zonas brechificadas ubicadas en los bordes norte y sur de la población de Bronchales.

Es interesante destacar que la composición de este magmatismo (andesitas-dacitas-riolitas) es calco-alcalina y, en especial, su composición es rigurosamente análoga a la presente en otros sectores de la Cadena Ibérica con edad de emplazamiento en el Autuniense (LAGO y POCOSI, 1991; LAGO *et al.*, 1991 a y b; 1992). Más en detalle, según exponemos posteriormente, las riolitas estudiadas presentan una acentuada analogía composicional con las riolitas descritas (7 muestras) recientemente en LAGO *et al.*, (1992) y que sirven de referencia composicional (9 muestras de riolitas turmalinizadas) para el estudio de esta mineralización.

En sus aspectos descriptivos, la turmalinización se expresa, macroscópicamente, por los rasgos de: a) relleno de fracturas en riolita cataclastizada, b) impregnación, a modo de matriz, de una brecha heterométrica de riolita con cantos aislados de cuarcita, y c) filoncillos en riolita masiva poco deformada. En todos los casos es bien manifiesto el control que ejerce la deformación de los

materiales encajantes respecto a la mineralización.

COMPOSICION MINERAL DE LA TURMALINA

Un estudio microscópico de las riolitas y de las brechas riolíticas turmalinizadas permite destacar los dos mecanismos: a) precipitación y relleno (en microfisuras y fracturas con espesor variable entre 0.1 mm. y 4 cm., y una longitud con escala centimétrica; en cavidades donde existe un marcado aumento de la granularidad desde la periferia hacia el centro de la cavidad y, como rasgo frecuente, un relleno masivo e inestructurado), y b) sustitución por reemplazamiento, principalmente, del cuarzo y el feldespato en las riolitas holocristalinas, y de la pasta en los casos hipocristalinos lo cual, en definitiva, tiene su expresión en una «impregnación», variablemente irregular, condicionada por las relaciones texturales (fenocristales y microcristales de cuarzo, y de los feldespatos en los términos holocristalinos, y respecto a las relaciones entre los fenocristales y la pasta en los casos hipocristalinos).

Los cristales de turmalina se pueden presentar: a) aislados, y con gran desarrollo, donde son frecuentes las zonaciones de marcada extensión entre el borde y el centro del cristal y b) en agregados policristalinos cuyos componentes pueden presentar un carácter homométrico o, en casos minoritarios, marcadamente heterométrico y donde los grandes cristales adoptan una zonación similar a la citada en a) y que ha sido confirmada por análisis de microsonda.

Los resultados obtenidos por microsonda (CAMEBAX SX-50, Universidad de Toulouse) están expresados en la Tabla I siendo interesante indicar: 1) el cálculo del B_2O_3 efectuado por estequiometría y 2) la presencia de valores de F comprendidos entre 0.14-0.38 % que, ciertamente, son de un orden de valores significativos y que re-

SiO ₂	35.24	35.18	35.72	35.51	35.53	35.78	36.67
Al ₂ O ₃	34.24	34.37	34.74	35.26	34.1	35.29	35.39
Na ₂ O	0.97	0.91	0.99	0.66	1.02	1.06	1.07
FeO	14.73	14.67	15.55	14.97	15.41	14.48	14.39
MnO	0.1	0.13	0.04	0.05	0	0.06	0.11
CaO	0.52	0.56	0.51	0.5	0.63	0.59	0.26
MgO	0.46	0.49	0.57	0.35	0.51	0.46	0.28
B ₂ O ₃ *	10.2	10.19	10.34	10.28	10.29	10.36	10.62
TOTAL	96.46	96.5	98.46	97.58	97.49	98.08	98.79

* Calculado por estequiometría

** Contenidos en Fluor en el rango 0.14 - 0.38 %

TABLA 1.-Análisis de turmalina (microsonda)

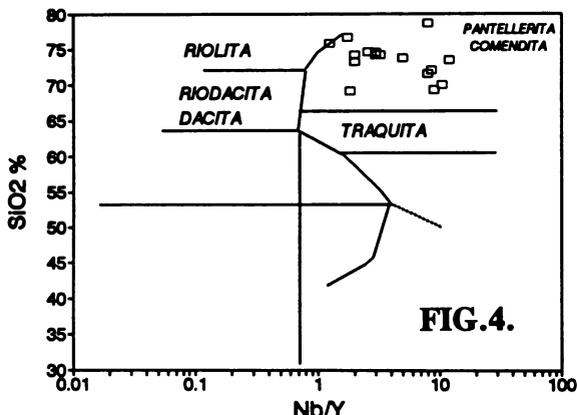


FIG. 4.

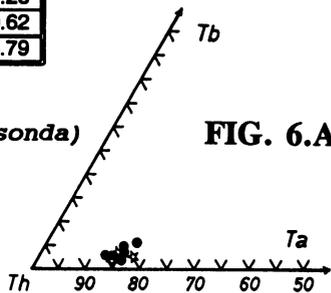


FIG. 6.A.

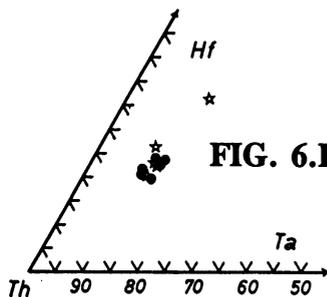
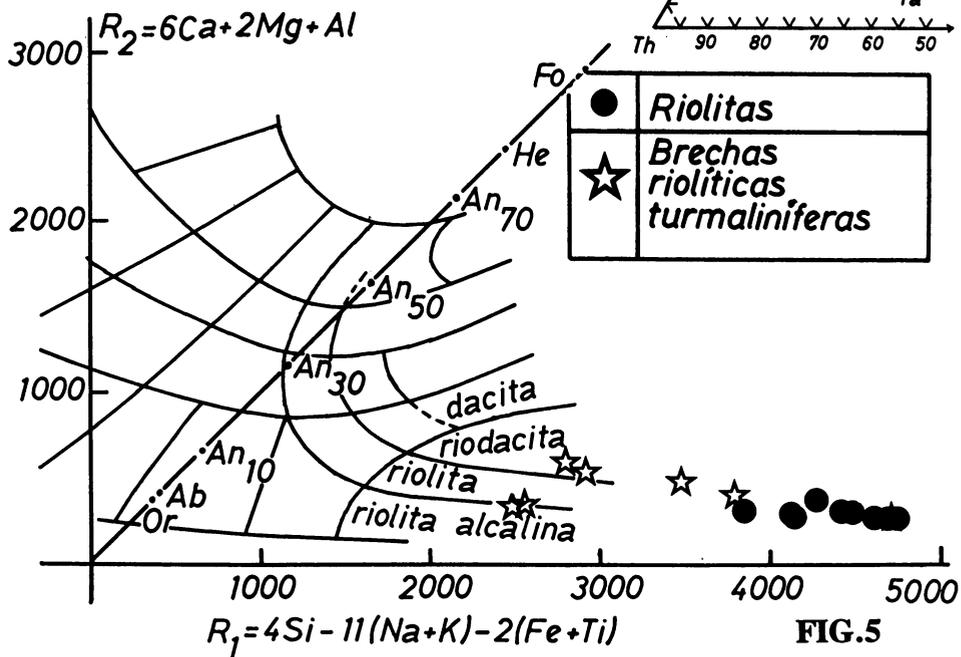


FIG. 6.B.



●	Riolitas
☆	Brechas riolíticas turmaliníferas

FIG. 5

presentan, como se verá en el estudio de la roca total, una influencia, importante, como mecanismo acomplejante de determinados elementos (p. e. HREE). La composición obtenida corresponde a la variedad chorlo lo que está expresado en el diagrama Fe-Ca-Mg (proporciones atómicas) propuesto, para litologías con turmalina, por HENRY y GUIDOTTI (1985) con las modificaciones de PLIMER y LEES (1988). La zonación detectada está expresada por la variación en FeO con rango en 14.39-15.55 % (Tabla I) y, por último, es interesante destacar que la relación Fe/Mg se mantiene bastante constante así como las de Ca/Mg y Al/Fe.

COMPOSICION QUIMICA DE LA TURMALINIZACION

La afinidad calco-alcalina de estas riolitas, turmalinizadas o no, ha sido puesta de manifiesto en un estudio preliminar (LAGO *et al.*, 1992) con relación al estudio de los elementos mayores y REE, de ambos tipos de situaciones, y que comprende a un número amplio de muestras del magmatismo calco-alcálido, Autuniense, de la Cadena Ibérica.

En los diagramas SiO₂-Nb/Y (Fig. 4) y R1-R2 (Fig. 5) se ilustra la composición de las 7 riolitas seleccionadas (Tabla II) como referencia y las 9 muestras de riolitas turmalinizadas (con un valor variable en B tal como se indica en la Tabla III). Una primera inspección de los elementos traza permite considerar (Figs. 6 A y B) un enriquecimiento alto en Th respecto a los valores de Hf, Ta y Tb. De igual modo, un estudio de las relaciones interelementales de estas rocas (Tabla IV) permite considerar que la mineralización de turmalina está caracterizada por valores altos en Rb, Nb y Th y unos valores bajos en Hf, Ta y Tb.

La selección de 7 muestras de riolitas, cuya composición mineral es claramente análoga a la de las rocas presentes en el sec-

tor de Bronchales, ha permitido calcular una composición promedio, a nivel de los elementos mayores, trazas y REE, y, en especial, los límites de intervalo de variación de las riolitas calculado a partir de los valores de la media aritmética (\bar{x}) y desviación típica (s) según $\bar{x} + (\tau \cdot s)$ para el límite superior y $\bar{x} - (\tau \cdot s)$ para el inferior (τ = valor de la t de Student para 5 grados de libertad y un 95 % de probabilidad). De esta forma, los valores que se sitúan fuera del dominio delimitado por ambos límites, superior e inferior, se consideran como anomalías (enriquecimiento o empobrecimiento en un elemento) respecto a la riolita promedio considerada. Los resultados obtenidos están expresados en la Figura 7 lo que, a su vez, está expuesto de forma sintética en la Tabla V según se comenta posteriormente.

Es muy interesante llamar la atención acerca del comportamiento que se obtiene al normalizar las 9 muestras turmalinizadas (con variable contenido en B y, por consiguiente, con una influencia diferente de los elementos asociados a este componente de forma positiva o negativa, tal como se expone en la Tabla V) respecto a los REE de la riolita promedio calculada a partir de 7 rocas. Según se expone en la Figura 8 destacamos los aspectos: a) un enriquecimiento elevado, y anómalo, en los HREE de los que resulta significativo el comportamiento del Yb, b) un empobrecimiento en Eu significativo sobre el rango de variación correspondiente al promedio de riolitas no turmalinizadas y c) unas pautas variables en LREE, con relaciones de ligero enriquecimiento y de empobrecimiento respecto a la riolita promedio.

La búsqueda de una pauta explicativa para el comportamiento antes indicado nos ha orientado a representar el valor de las muestras (riolita promedio y, de otra parte, las riolitas turmalinizadas, según valores seleccionados en c) respecto a N.A.S.C. Los resultados obtenidos (Figura 9) indican: a) se corrobora, de forma general, una fluctuación de los LREE y HREE respecto a la

	ML-1	ML-2	ML-15	ML-16	ML-17	ML-18	ML-19
SiO2	70	69.3	73.8	73.5	78.7	71.6	72.1
TiO2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04
Al2O3	14.6	14.2	14.8	14.7	13.8	15.2	14.8
Fe2O3	0.94	1.16	1.14	1.31	0.77	1.39	1.3
MnO	0.04	0.04	0.02	0.02	0.008	0.02	0.06
MgO	1.06	1.14	0.011	0.14	0.23	0.95	1.24
CaO	1.82	2.25	0.32	0.19	0.17	1.2	0.31
Na2O	1.9	2.22	3.57	3.59	0.13	1.37	0.22
K2O	4.48	4.28	4.62	4.76	2.04	3.29	4.18
P2O5	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03
LOI	5.16	5.39	1.62	1.54	4.47	4.93	5.77
TOTAL	100.07	100.05	100.05	99.8	100.38	100.04	100.05
Li	136	119	55	56	151	35	155
Be	4	3	4	4	4	4	5
B	70	50	38	45	326	367	71
S	95	113	MLD	MLD	95	79	118
Sc	0.74	0.75	0.42	0.32	0.42	0.35	0.47
V	7	5	6	7	7	14	11
Cr	37	60	2	70	110	42	38
Co	MLD	1	1	MLD	MLD	MLD	MLD
Ni	MLD	2	2	4	2	8	MLD
Cu	1.4	1.8	1.1	3	1.2	1.6	1.3
Zn	12.7	15.7	54	58.9	8.6	11.4	71.5
Ga	21	17.5	21.8	19	18.3	21.3	20.2
Ge	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
As	0.5	1.2	0.2	0.4	0.6	0.1	0.6
Se	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Br	NA	NA	2.1	1.6	MLD	MLD	MLD
Rb	173	174	226	219	88	152	91
Sr	164	161	133	125	160	14	168
Y	2	2	2	1	1	1	2
Zr	30	38	47	45	51	50	46
Nb	21	18	10	12	8	8	17
Ba	545	618	763	758	104	250	463
Ag	MLD	MLD	0.5	0.5	MLD	MLD	MLD
Cd	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Sn	MLD	3	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Sb	0.7	0.5	0.8	0.8	2.3	0.6	1.9
Cs	14	11	6	6	19	26	8
La	11.2	11	9.6	10.4	12.1	9.5	12.7
Ce	21.9	22.9	19	20.4	22.7	17.7	24.4
Pr	2.8	2.8	2.5	2.7	2.6	2.1	2.9
Nd	10.6	10.4	10.2	10.6	10.2	8.4	11.4
Sm	2.2	2.3	2.9	2.9	2.3	1.9	2.9
Eu	0.56	0.62	0.95	0.94	0.66	0.72	0.78
Gd	1.4	1.7	1.9	2.1	1.6	1.1	1.7
Tb	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
Dy	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.3	0.5
Ho	0.05	0.05	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Er	0.1	0.1	MLD	0.1	0.1	MLD	0.2
Tm	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Yb	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Lu	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Hf	2	1.8	2.5	2	1.9	2.4	2
Ta	1	1	1	1	1	1	1
W	1	3	1	1	4	2	1
Hg	95	77	30	34	320	47	250
Tl	1	1	1.1	1.1	0.5	0.7	0.5
Pb	MLD	2	22	21	MLD	MLD	MLD
Bi	MLD	0.2	MLD	MLD	0.1	0.4	0.1
Th	5.8	6.1	6.2	6.4	5.4	3.2	5.5
U	3.5	2.7	4.6	4.5	2	2.7	2.3

TABLA II. Análisis Químicos en riolitas.

	BR-10	BR-14	BR-19	BR-22	BR-23	BR-7	BR-12	A2	A1
SiO2	74.2	74.2	69.2	74.7	74.6	75.8	76.7	73.3	74.2
TiO2	0.2	0.1	0.58	0.07	0.09	0.1	0.06	0.09	0.06
Al2O3	12.3	12.3	14.7	14.7	12.3	13.9	15	13.5	14.7
Fe2O3	5.17	5.05	5.5	3.54	5.13	3.44	1.49	4.99	3.01
MnO	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.007
MgO	0.88	0.65	1.79	0.31	0.75	0.79	0.2	0.63	0.27
CaO	0.4	0.39	0.45	0.2	0.56	0.14	MLD	0.2	MLD
Na2O	0.25	0.34	0.63	0.07	0.3	0.42	0.17	0.43	0.2
K2O	0.15	0.21	0.13	3.31	0.77	2.18	4.12	0.82	4.23
P2O5	0.05	0.03	0.02	0.04	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01
LOI	2	2	1.7	1.95	1.6	2.31	2.39	2.7	2.7
TOTAL	95.7	95.4	94.8	99	96.2	99.11	100.16	96.69	99.397
Li	14	47	14	17	13	21	28	12	15
Be	7	8	7	5	7	6	3	7	3
B	12900	14600	17000	4200	12500	6510	322	10300	455
S	90	80	100	800	110	59	56	MLD	108
Cl	165	118	225	151	163	NA	NA	NA	NA
Sc	1.95	1.25	7.46	1.53	1.34	1.41	1.73	0.64	1.29
V	24	7	90	18	7	22	12	19	6
Cr	95	70	120	72	56	66	55	91	65
Co	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	10	MLD	MLD
Ni	5	3	5	3	MLD	6	4	3	MLD
Cu	9.5	3.3	13.8	3.1	32.4	8.9	8.5	19.8	79.1
Zn	31.8	25.6	65.7	17.9	35.5	31.7	14.2	46.8	18.6
Ga	26	27	26	28	28	15.3	20.6	12.7	22.3
Ge	13	MLD	14	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
As	19	39	40	26	360	52	40	48	370
Se	MLD	MLD	MLD	0.6	1.6	MLD	MLD	MLD	1.5
Br	4	3	3	4	3	MLD	MLD	MLD	MLD
Rb	5	8	7	155	34	91	198	38	233
Sr	16	24	35	10	83	33	17	78	11
Y	4	4	7	5	4	4	4	4	3
Zr	72	54	129	52	53	60	48	47	45
Nb	8	13	13	13	12	5	7	8	9
Ba	31	59	30	316	151	334	386	191	505
Ag	MLD	MLD	1.9	0.4	6.8	0.9	1	1	1.7
Cd	0.2	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Sn	60	81	129	88	94	112	39	63	210
Sb	21	20	11	9.1	18	12	8.4	23	58
Ce	MLD	MLD	1	4	1	1	3	1	7
La	16.6	16.8	4.6	16.4	20.4	15.7	23.3	13.6	8.7
Ce	30.4	28.8	7.7	28.6	35.5	31.6	43.1	25.6	17
Pr	3.5	3.2	1	3.2	3.9	3.8	4.9	3	2
Nd	12.8	11.1	3.5	11.7	13.9	13.8	18.1	11.4	7.3
Sm	2.4	2.2	0.8	2.2	2.6	2.5	3.4	2.1	1.5
Eu	0.6	0.38	0.44	0.56	0.56	0.46	0.6	0.48	0.24
Gd	1.1	0.4	0.9	2	2.2	1.8	2.1	1.5	1.1
Tb	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
Dy	1.5	1.1	1.2	1.2	1.3	1	1.1	1	0.7
Ho	0.28	0.2	0.28	0.18	0.24	0.14	0.14	0.14	0.1
Er	0.7	0.6	1	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
Tm	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	MLD	MLD	MLD	MLD
Yb	0.6	0.3	1	0.1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
Lu	0.12	0.1	0.2	0.06	0.08	0.06	MLD	MLD	MLD
Hf	2	1.5	3.1	2	1.7	1.7	1.9	1.5	1.8
Ta	1	MLD	MLD	1	1	MLD	1	1	1
W	2	1	8	3	2	3	2	1	2
Hg	MLD	MLD	MLD	MLD	8	10	10	22	49
Tl	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	1.6	0.4	1.5
Pb	MLD	MLD	4	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD
Bi	8	1	12	3	15	3.5	9.6	14.8	21.9
Th	5.4	4.2	6.3	6.5	4.6	4.6	6.2	5.2	5.2
U	1.7	2	2.2	1.7	2.6	1.6	1.1	2.1	3.8

TABLA III. Análisis químicos de brechas riolíticas turmalinizadas.

	Brechas Turmaliníferas	Riolíticas (9 muestras)	Riolitas (7 muestras)	
	Rango	Promedio	Rango	Promedio
Rb/Ta	5 - 233	85.44	91 - 226	160.42
Nb/Ta	5 - 13	9.77	8 - 21	13.42
Tb/Ta	0.10 - 0.30	0.19	0.10 - 0.20	0.15
Ta/Rb	0.004 - 0.20	0.06	5 - 10	7.14
Th/Ta	4.2 - 6.5	5.35	3.2 - 6.4	5.51
Hf/Ta	1.5 - 3.1	1.91	1.8 - 2.5	2.08
Th/Hf	2.03 - 3.46	2.38	1.3 - 3.3	2.65
Nb/Y	1.25 - 3.25	2.30	5 - 12	8.71

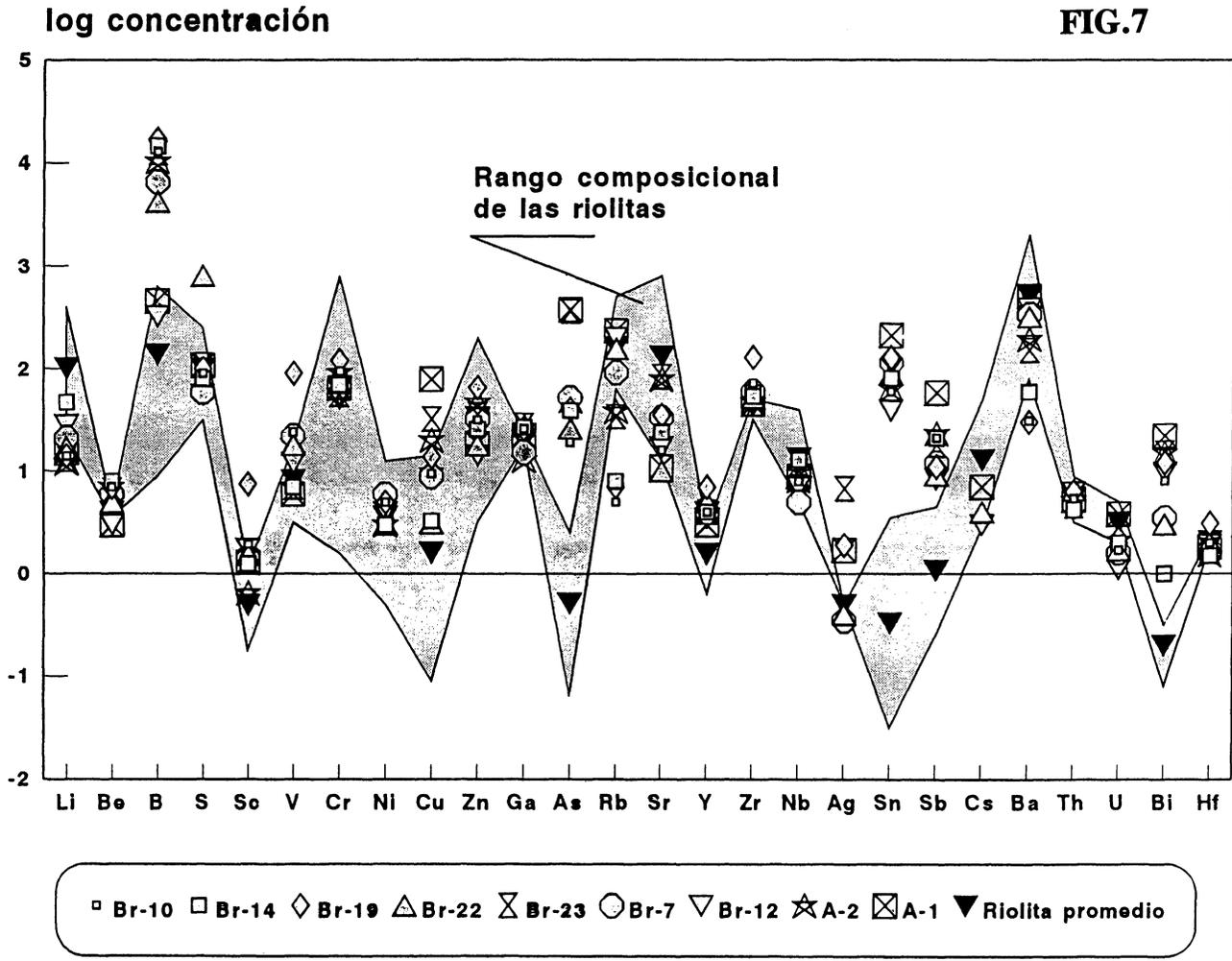
TABLA IV. Relaciones interelementales.

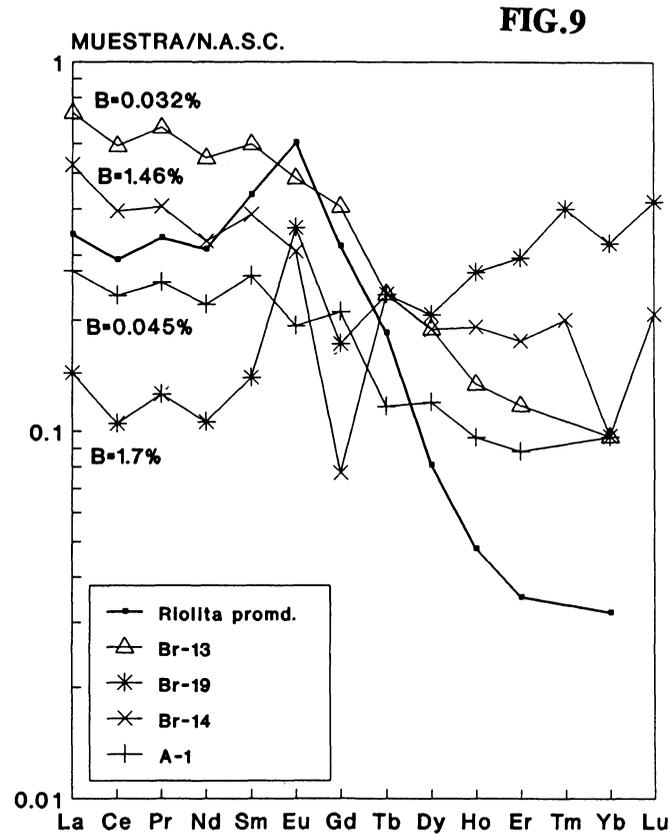
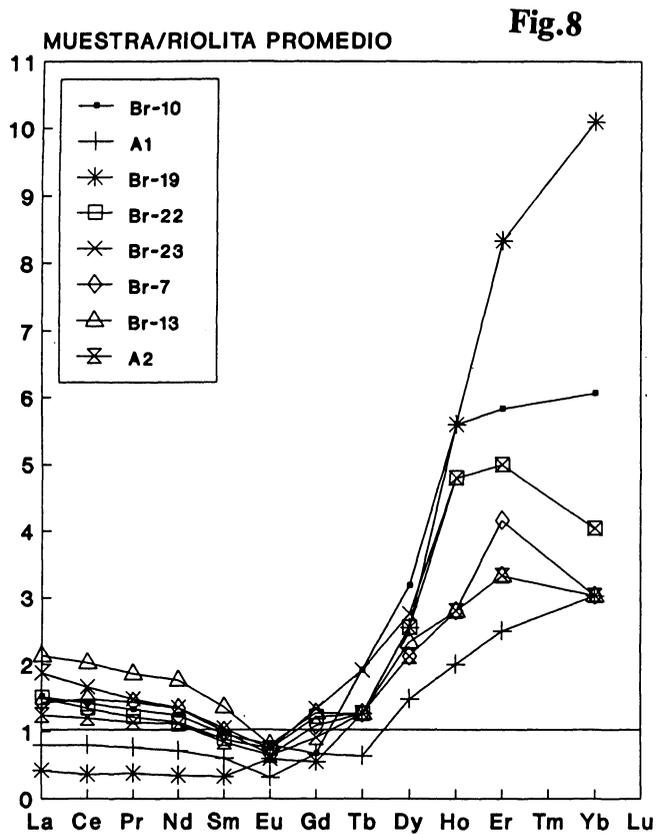
	ANOMALIA POSITIVA		ANOMALIA NEGATIVA	
	ALTA	BAJA	ALTA	BAJA
Elementos mayores	Fe ₂ O ₃	TiO ₂		CaO K ₂ O
Trazas	B, As, Sn, Sb, Bi	Cu, Sc, Ag		Cs Li
LREE		La, Ce, Pr, Nd		Eu
HREE	Yb, Ho, Er	Dy		

TABLA V. Movilidad relativa y relaciones de enriquecimiento/empobrecimiento de elementos mayores, traza y REE en las brechas riolíticas turmaliníferas respecto a las intrusiones riolíticas hipovolcánicas.

intensidad de la mineralización con, un distanciamiento, acentuado, del comportamiento obtenido en la riolita promedio y que indica la actuación de fluidos con elementos acomplejantes para enriquecer, de forma destacada, la mineralización en

HREE. En detalle, estos fluidos (altamente enriquecidos en B, F y, posiblemente en Cl) podrían ser responsables del transporte y la concentración selectiva, de elementos tales como As, Sn, Sb y Bi (Tabla V). Este comportamiento no ha sido estudiado, hasta el





momento, por lo que su verificación debe ser demostrada; b) se aprecia una relación directa entre la presencia de anomalías negativas en determinados elementos (Ce, Nd, Gd e Yb) y las concentraciones de B más elevadas.

Algunos estudios existentes sobre movilidad de REE en procesos de turmalinización —normalmente en rocas graníticas— ponen de manifiesto que las rocas sobre las que se desarrolla el fenómeno presentan un empobrecimiento generalizado en todas las REE, indicando, además, que el empobrecimiento en Eu es comparativamente menor (ALDERTON *et al.*, 1980; WARD, 1992). Estas observaciones, que contrastan con los resultados obtenidos en nuestras muestras, posiblemente se encuentran determinadas por la superposición de procesos que según sus autores intervienen en la movilización de los REE.

De hecho, enriquecimientos significativos en HREE han sido citados por ALDERTON *et al.* (1980) en concentrados de turmalina obtenidos a partir de granitos turmalinizados lo que, en principio, resultaría coincidente con las pautas observadas en Bronchales. La muestra de mayor contenido en B (Br-19), es la que muestra un mayor enriquecimiento en HREE, aunque en el resto de las muestras no se aprecia una relación clara entre contenidos de B y enriquecimiento en HREE.

CONSIDERACIONES ESTABLECIDAS

En primer lugar, cabe destacar la existencia de una fosa transtensional o de «releasing bend» donde, a favor de los desgarres tardi-hercínicos, en edad Autuniense, tuvo lugar el ascenso y emplazamiento de un magmatismo calco-alcalino que, al menos en sus etapas finales, actuó de forma pluriepisódica lo cual es muy patente al norte de la población de Bronchales. Este tipo de fosa es similar al de las consideradas (LA-

GO *et al.*, 1991 a y 1992) en diversas zonas de las Cadenas Ibéricas. La mineralización, poco posterior al magmatismo y con edad pre-triásica, estuvo gobernada por dos mecanismos: a) control tectónico, facilitado por la brechificación que afecta a las riolitas encajantes, y b) control hidrotermal que, con alto contenido en volátiles, determinó que, en lo esencial, sean más patentes las cantidades, o volúmenes, de roca turmalinizada según procesos de reemplazamiento que los de simple precipitación a favor de fracturas.

El estudio microscópico aporta pruebas, manifiestas, sobre la preferencia de los mecanismos de reemplazamiento respecto a los de relleno de fracturas lo cual, ciertamente, se puede reconocer en algunas muestras de mano, muy homogéneas —sin prácticamente deformación—, y altamente impregnadas de turmalina. La composición mineral pone de manifiesto la presencia de un valor significativo de F que, en nuestra opinión, explica o induce a pensar en una influencia acomplejante, a escala mineral, respecto a otros elementos.

Considerando el problema de forma conjunta, la solución turmalinizante estaría enriquecida en As, Sn, Sb, Bi y en agentes acomplejantes (F, Cl) que provocarían el transporte preferencial de HREE sobre LREE. Situados en este contexto, resta determinar (LAGO *et al.*, en realización) el estudio de las condiciones por las que opera esta solución mineralizante y para la que se están efectuando análisis isotópicos (O y H).

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fontán (Univ. Toulouse) por las facilidades prestadas para los análisis de microsonda. Este trabajo desarrolla objetivos previstos en el Proyecto PB 89-0346 de la DGICYT.

BIBLIOGRAFIA

- ALDERTON, D. H. M.; PEARCE, J. A. y POTTS, P. J. (1980). Rare earth element mobility during granite alteration: evidence from Southwest England. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 49, 149-165.
- HENRY, D. J. y GUIDOTTI, C. V. (1985). Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: An example from staurolite-grade metapelites of NW Maine. *Am. Mineral.*, 70, 1-15.
- 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. (1991a). Comparación preliminar de las manifestaciones magmáticas calco-alcálicas y Stephaniense-Pérmicas, de la Cadena Ibérica. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 16, 95-107.
- LAGO, M.; OSACAR, M. C.; VAQUER, R.; POCOVI, A.; ARRANZ, E. y BESTEIRO, J. (1991b). Caracteres geoquímicos de brechas riolíticas con turmalina en la Cadena Ibérica. *IV.º Congr. Geoquim. España*. Soria. T. I, 47-58.
- LAGO, M.; ALVARO, J.; ARRANZ, E.; POCOVI, A. y VAQUER, R. (1992). Condiciones del emplazamiento, petrología y geoquímica de las riolitas, calco-alcálicas y stephaniense-pérmicas, en las cadenas ibéricas. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 17, 187-198.
- LENDINEZ, A.; TENA-DAVILA, M.; BASCONES, L., MARTIN HERRERO, D. y LA MONEDA, E. (1981). Mapa geológico de España. E. 1:50.000. Hoja n.º 450 (Checa). *IGME*. Madrid, 63 págs.
- PLIMER, I. R. y LEES, T. C. (1988). Tourmaline-rich rocks associated with the submarine hydrothermal Rosebery Zn-Pb-Cu-Ag-Au deposit and granites in western Tasmania, Australia. *Miner. Petrology*, 38, 81-103.
- PORTERO, J. M.; GUTIERREZ, M.; AGUILAR, M. J.; RAMIREZ, J.; ARAGONES, E.; GINER, J. y RIBA, O. (1983). Mapa geológico de España. E. 1:50.000; Hoja n.º 565 (Tragacete). *IGME*, Madrid, 89 págs.
- WARD, C. D.; McARTHUR, J. M. y WALSH, J. N. (1992). Rare earth element behaviour during evolution and alteration of the Dartmoor Granite, SW England. *Jour. Petrol.*, 33, 785-815.

Recibido, 6-IV-93
Aceptado, 10-VI-93