

Rasgos geológicos del magmatismo autuniense en la Sierra de Albarracín (Cadena Ibérica occidental)

M. LAGO *; A. GIL-IMAZ *; A. POCOVÍ *;
E. ARRANZ *; J. BASTIDA **; L. AUQUE * y M. P. LAPUENTE *

* *Departamento de Ciencias de la Tierra,
Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza*

** *Departamento de Geología,
Campus de Burjassot. 46100 Valencia*

RESUMEN

Las rocas magmáticas, de afinidad calco-alcalina, y con una edad comprendida entre el Autuniense y el Pérmico Superior, de la Sierra de Albarracín (Teruel y Guadalajara), se emplazaron según fracturas tardihercínicas que, en algunos casos, delimitan semifosas tectónicas. Los rasgos cartográficos y estructurales en dos afloramientos (Bronchales y Orea) permiten establecer el carácter simultáneo del emplazamiento magmático y del relleno sedimentario. Estos rasgos son concordantes con las características del magmatismo cogenético y coetáneo aflorante en otros sectores de la Cordillera Ibérica.

Palabras clave: Magmatismo calco-alcalino, Autuniense, Sierra Albarracín. Cadena Ibérica occidental.

ABSTRACT

Magmatic rocks cropping in Sierra de Albarracín area (Teruel and Guadalajara provinces), have a calc-alkaline affinity and range in age from Autunian to Upper Permian. Their setting was conditioned by late-hercynian fractures that usually define half-graben structures. The structu-

ral characters in two outcrops (Bronchales and Orea), are evidences for a synchronous setting of the magmatism and sedimentary filling. These characters are in concordance to that of the cogenetic and coetaneous magmatism that crops in other sectors of the Iberian Chain.

Key words: calc-alkaline magmatism, Autunian, Sierra de Albarracín, western Iberian Chain.

INTRODUCCIÓN

La primera referencia al magmatismo de la Sierra de Albarracín es de Riba (1959) quien actualiza los datos geológicos en 1991 y 1993. En 1983 Navidad publica el primer estudio sistemático, petrológico y con datos geoquímicos, en afloramientos de la Sierra de Albarracín y otros próximos, en el contexto de la rama occidental de la Cordillera Ibérica. Un estudio más completo y con un enfoque unitario del magmatismo calco-alcalino en las dos ramas (oriental y occidental) de la Cadena Ibérica es realizado por Muñoz *et al.* (1985). Desde este trabajo, y hasta la actualidad, se han realizado nuevos estudios sobre este magmatismo bien en afloramientos aislados de la Sierra de Albarracín (Auqué, 1986; Auqué, Sánchez Cela & Aparicio, 1987 en Noguera de Albarracín; Bambó *et al.*, 1989 y Lago *et al.*, 1995 en Orea; Linthout & Everts, 1992 en Alcoroches, y Lago *et al.*, 1993 en Bronchales) o, de carácter más regional, integrando este magmatismo en el contexto de la Cordillera Ibérica (Lago & Pocovi, 1991).

Los objetivos de este trabajo son, en primer lugar, resolver la imprecisión relativa a los rasgos geológicos (cartografía de afloramientos y de tipo estructural) de los afloramientos magmáticos de la Sierra de Albarracín, y en segundo lugar, utilizar los nuevos datos composicionales (mineralogía y geoquímica de roca total) en las rocas volcánicas, enclaves (p.e., Noguera) y mineralizaciones pre-triásicas (p.e., turmalinización en Bronchales), de los afloramientos de este área para relacionarlos con los cogenéticos presentes en otros sectores de la Cordillera Ibérica.

El área de estudio (Fig. 1A) comprende 5 sectores (Bronchales, Tramacastilla, Orea, Noguera de Albarracín y Alcoroches) indicados en la figura 1B. Desde el punto de vista de la modalidad de emplazamiento este magmatismo comprende a un afloramiento piroclástico (Orea) y los otros cuatro son subvolcánicos (Tramacastilla, Bronchales, Noguera y Alcoroches).

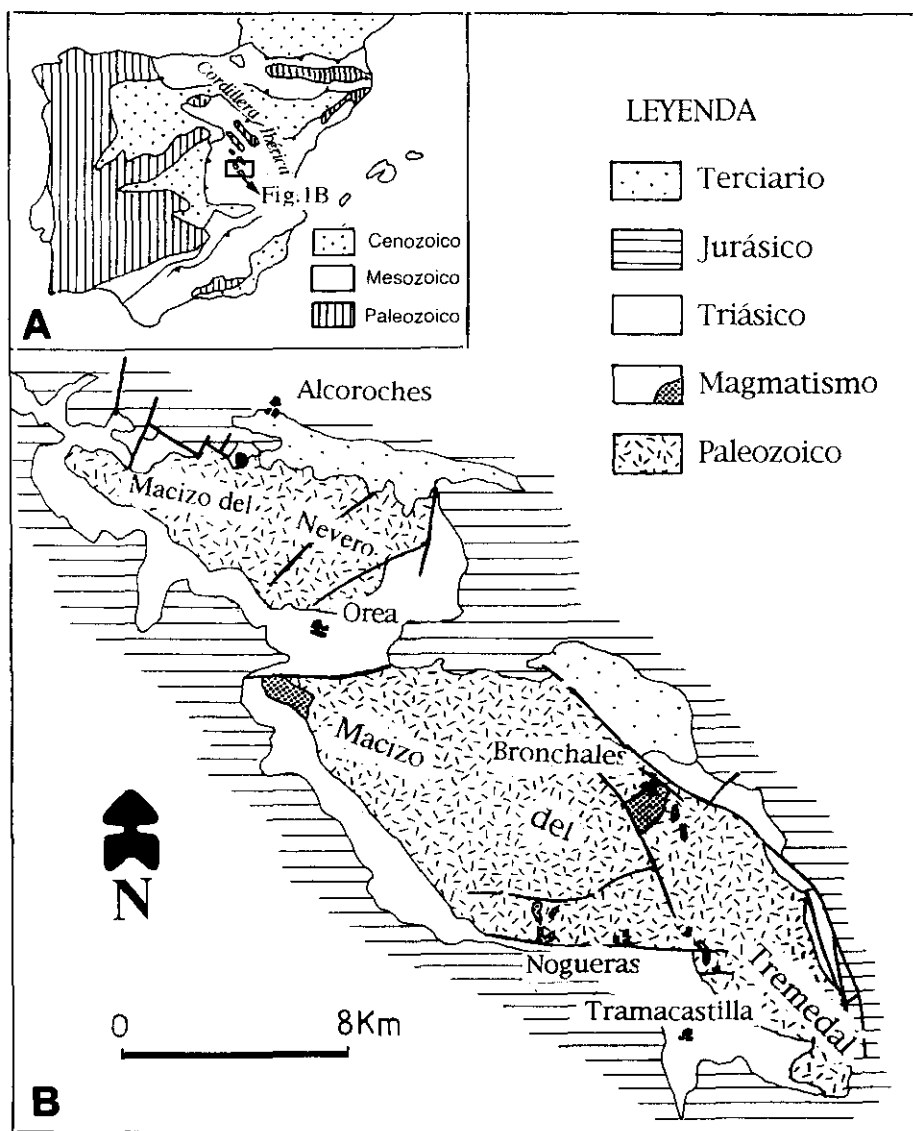


Fig. 1.—(A): Localización del área estudiada en la Cadena Ibérica occidental; (B): Indicación de los cinco sectores con magmatismo (Alcoroches, Orea, Bronchales, Noguera y Tramacastilla).

Fig. 1.—(A): Location of the studied area in western Iberian Chain; (B): Location of the five sectors with magmatic outcrops (Alcoroches, Orea, Bronchales, Noguera and Tramacastilla).

MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, la Sierra de Albarracín (donde está representado el magmatismo Autuniense objeto de nuestro estudio) se localiza en el sector central de la de la Cadena Ibérica occidental (Fig. 1A). Está constituida por dos macizos paleozoicos (el de Nevero, al Norte, y el de Tremedal, al Sur) en los que afloran series siliciclásticas (cuarcitas y pizarras) correspondientes al Ordovícico y Silúrico. Estructuralmente, los materiales del zócalo se disponen en pliegues de orientación N-S a NO-SE, limitados por fallas con direcciones NO-SE y ONO-ESE dispuestas en relevo. Discordantemente sobre la serie detrítica paleozoica se disponen las series rojas atribuidas al Pérmico Superior (Boulouard & Viillard, 1971; Virgili, 1977, y Sopeña, 1979) que constituyen, junto con el Trías Inferior en «facies Buntsandstein», el tegumento adosado al zócalo. Las «facies Muschelkalk y Keuper» presentan características similares a las del resto de la Cordillera Ibérica y representan el nivel de despegue regional. La cobertera jurásica que rodea los macizos paleozoicos, está representada por las series carbonatadas típicas del Jurásico Inferior marino presentes en toda la Cordillera. Está afectada por pliegues laxos de orientación predominante NNO-SSE y NO-SE. Por último, los materiales más recientes corresponden a conglomerados, areniscas y lutitas atribuidas al Plioceno (Lendinez *et al.*, 1981; Aznar *et al.*, 1983), afectados por una tectónica distensiva pleistocena (Simón, 1982).

GEOLOGÍA DE LOS AFLORAMIENTOS MAGMÁTICOS

Los diferentes afloramientos de materiales magmáticos presentan características estructurales, composicionales y modalidad de emplazamiento peculiares que permiten su diferenciación.

El área de Tramacastilla (Fig. 2A) consta de diques, aislados y masivos, de andesitas y riolitas (cuyo espesor reducido no permite representarlos a la escala adoptada); la alteración secundaria afecta con gran intensidad a los minerales primarios. La exposición deficiente de los contactos, impide establecer, claramente, relaciones de interferencia entre ambas intrusiones. Considerando criterios geométricos (volumen y disposición de las intrusiones subvolcánicas) entendemos que el emplazamiento de las andesitas es posterior a las riolitas. Según criterios petrográficos, estas riolitas son diferentes a las de Alcoroches (textura y asociación mineral) y, también, las andesitas difieren (incluso por la ausencia de

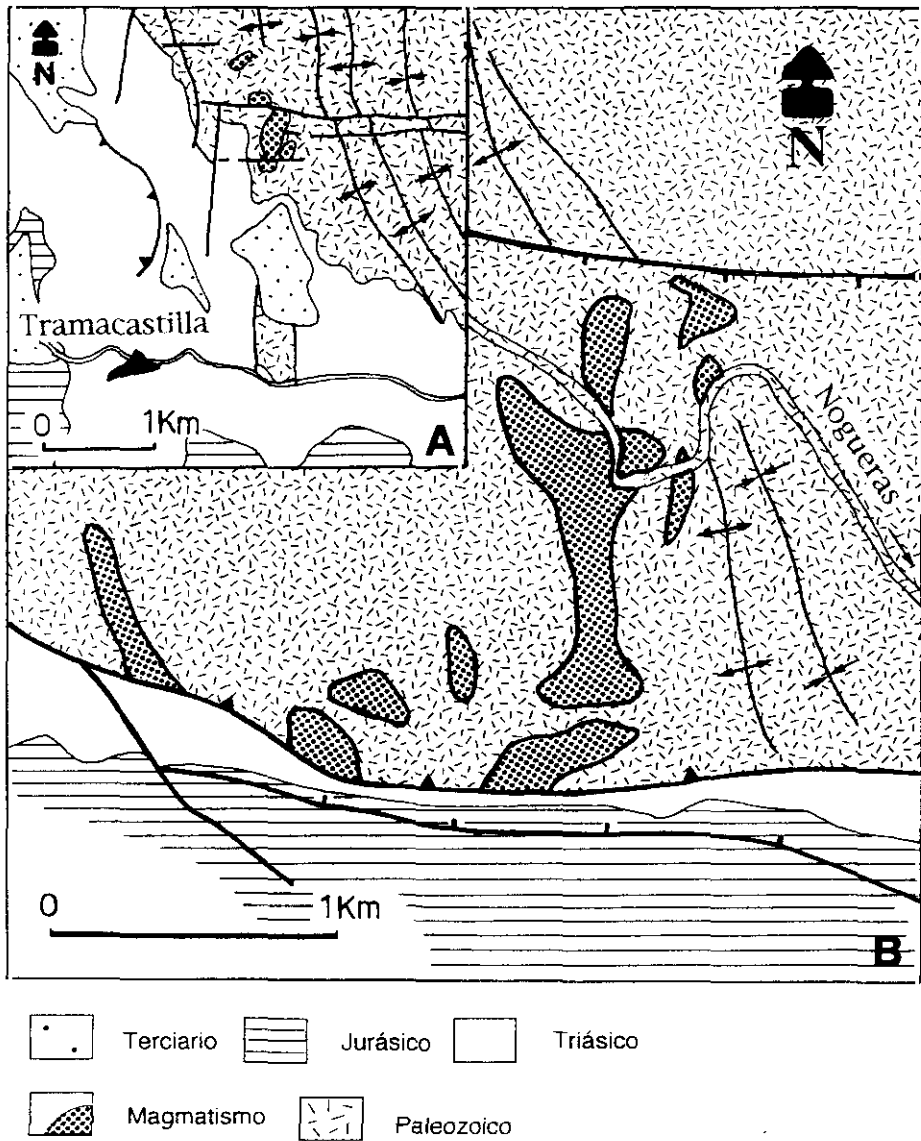


Fig. 2.—Esquema geológico en afloramientos volcánicos. (A): Tramacastilla y (B): Nogueras (ver explicación en texto).

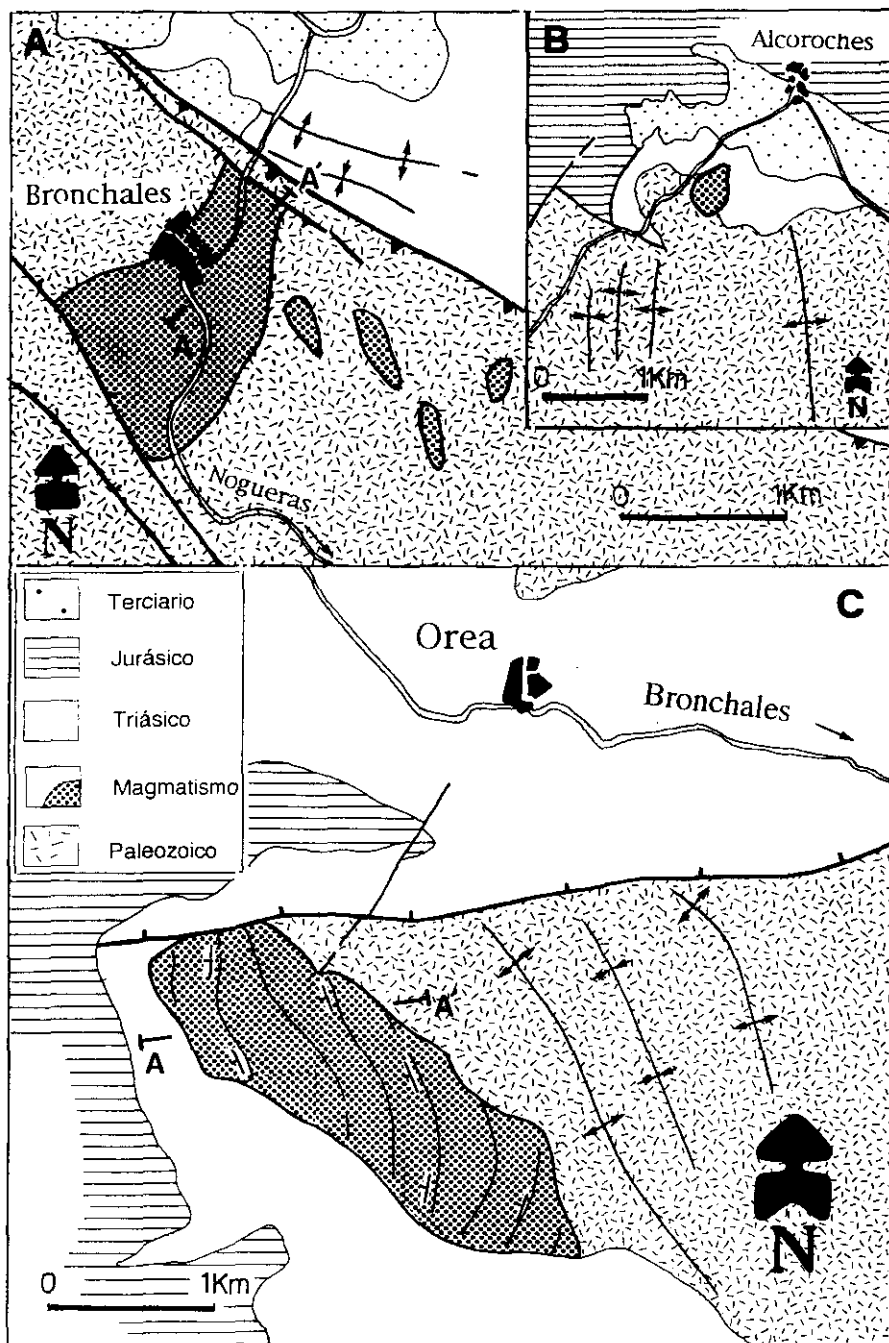
Fig. 2.—Geological sketch of the volcanic outcrops. (A): Tramacastilla and (B): Nogueras (see text for explanation).

enclaves) respecto a las muy próximas de Noguera de Albarracín (con enclaves metamórficos frecuentes).

En el sector de Noguera de Albarracín (Fig. 2B) las manifestaciones magmáticas cartografiadas son intrusiones subvolcánicas aparentemente numerosas sin adoptar una orientación común. Con base a criterios texturales y de asociación mineral primaria todos los cuerpos pueden ser asimilados a una misma intrusión, si bien existen diferencias, menores, relativas a caracteres petrográficos y al contenido en enclaves metamórficos. Las numerosas intrusiones cartografiadas (apófisis de una misma intrusión) presentan una distribución limitada por dos fracturas de orientación E-O de dimensiones kilométricas. Al Norte, la distribución de los afloramientos está limitada por una falla normal que pone en contacto las cuarcitas del Silúrico Inferior (del bloque septentrional) con las alternancias cuarcítico-pelíticas del Silúrico Superior (del bloque meridional). Este accidente afecta a pliegues hercínicos de orientación NNO-SSE. Mientras que en este sector septentrional la falla no está en contacto con las rocas magmáticas, en la parte Sur la intrusión andesítica-dacítica es afectada, en varios casos, por una falla inversa que, con una orientación E-O, pone en contacto la intrusión subvolcánica y las rocas paleozoicas, del bloque Norte, con los materiales mesozoicos del bloque Sur. El control de este accidente en la distribución de la intrusión hipovolcánica sugiere su origen relacionado con la actuación de una falla normal reactivada como falla inversa en las etapas de deformación alpinas. Al Sur de una de las apófisis de la intrusión subvolcánica y, en contacto con la citada falla, se reconoce un borde enfriado (con metamorfismo de contacto). Los bordes externos a la intrusión subvolcánica constan de términos más andesíticos (mayor proporción de anfíbol respecto a la biotita) mientras que las zonas internas son más dacíticas (mayor proporción de biotita y menor porcentaje en plagioclasa cálcica). Los enclaves metamórficos han sido estudiados con detalle (Auqué, 1986; Auqué, Sánchez Cela & Aparicio, 1987) y se obtiene la asociación de sillimanita, biotita, cordierita, corindón, granate rico en almandino, plagioclasa, espinela y zafirina. Los enclaves metamórficos en andesitas calco-alcalinas del Anticlinal de Montalbán (Torres, 1990) y las andesitas próximas a la población de Loscos (Lago

Fig. 3.—Esquema geológico en afloramientos volcánicos (con igual leyenda); (A): Bronchales (A-A': posición del perfil en la Fig. 4); (B): Alcoroches y (C): Orea (A-A': posición del perfil en la Fig. 5).

Fig. 3.—Geological sketch of volcanic outcrops (same legend as Fig. 2); (A): Bronchales (A-A': location of the section in Fig. 4); (B): Alcoroches and (C): Orea (A-A': location of the section in Fig. 5).

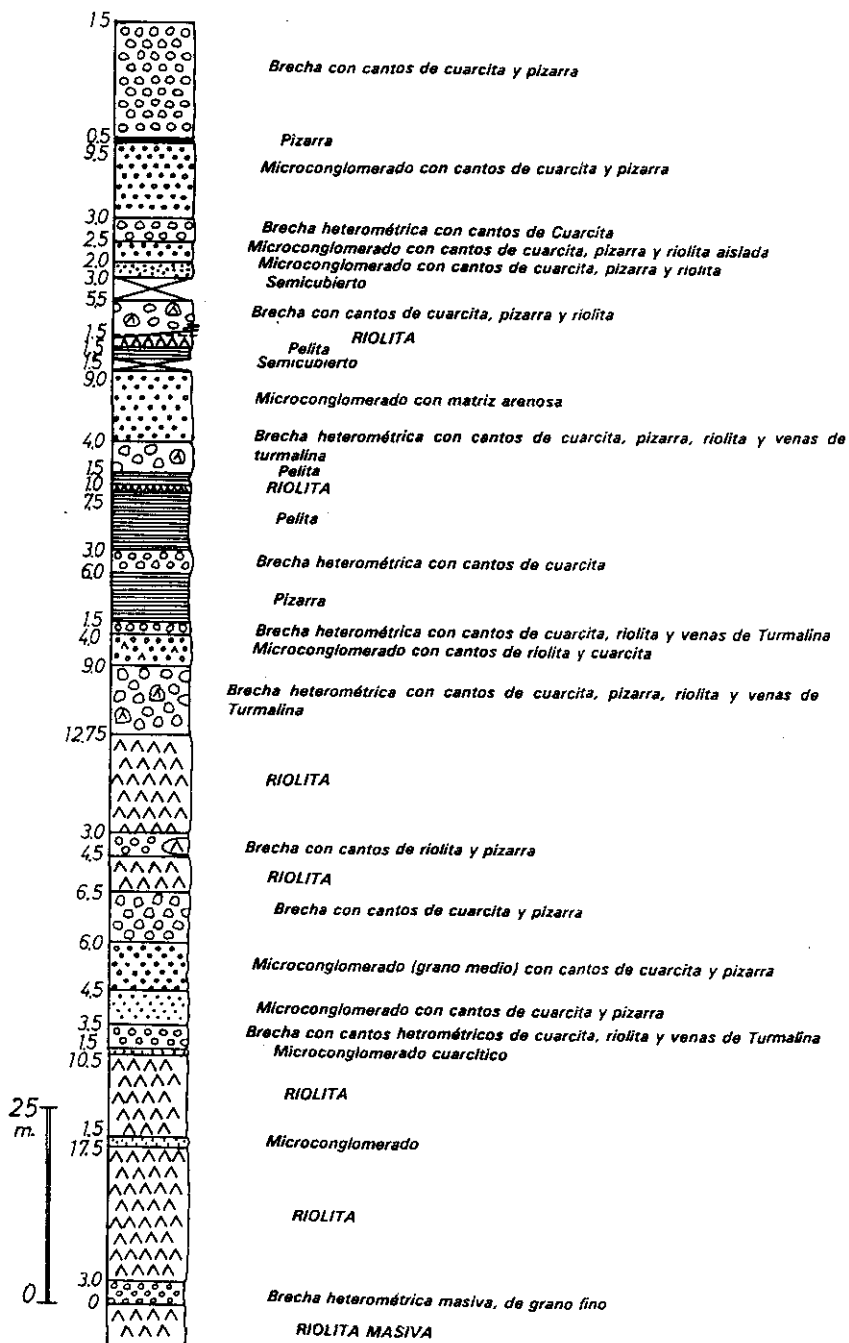


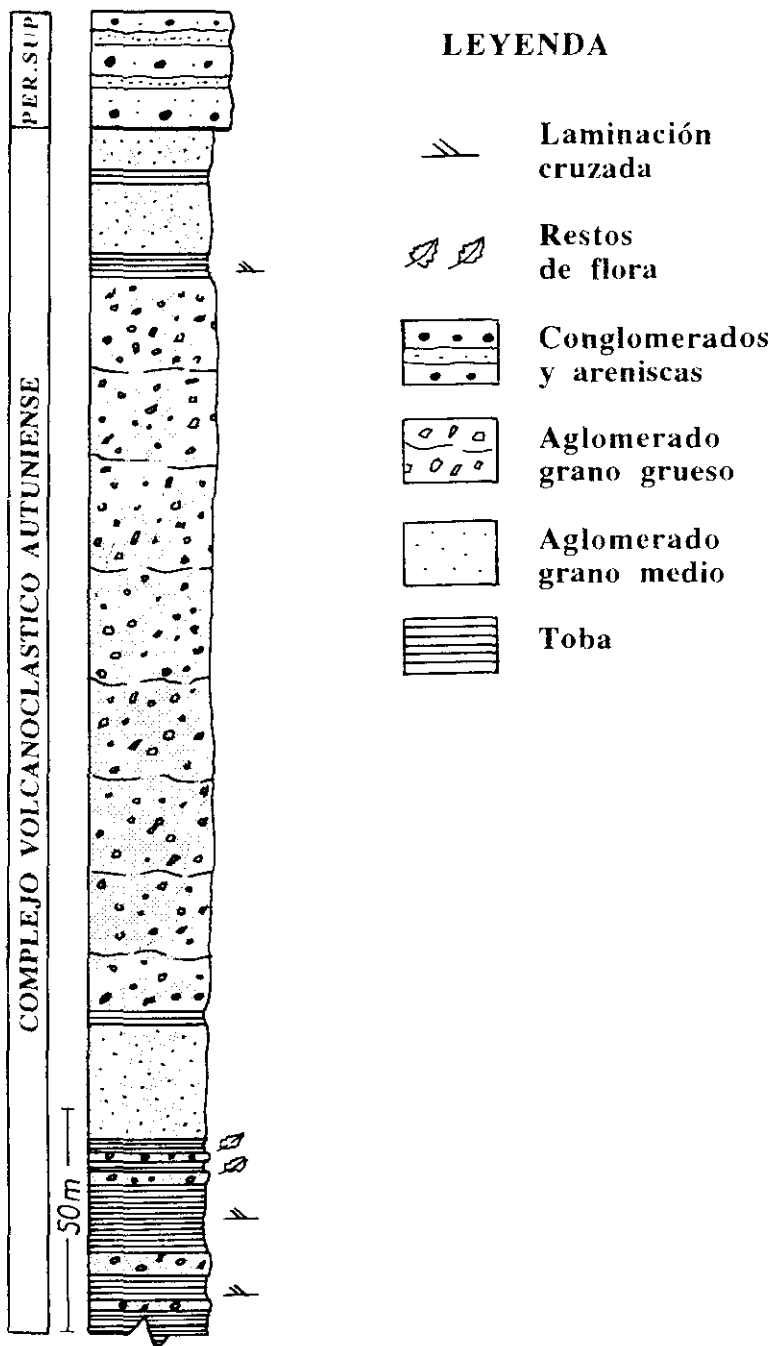
et al., 1989), ambos en la provincia de Teruel y, por último, los de Atienza (Muñoz *et al.*, 1985; Aparicio & García Cacho, 1984) presentan la misma asociación mineral a los de Noguera de Albarracín. Los enclaves metamórficos predominan respecto a los sedimentarios, y hasta el momento no se ha podido precisar ninguna orientación preferente para estos enclaves. En los bordes de la intrusión se aprecia una concordancia entre los ejes mayores de los enclaves y la dimensión más desarrollada de los prismas andesíticos lo que puede no ser extrapolable, con los datos actuales, a toda la superficie del afloramiento.

El afloramiento de Bronchales (Fig. 3A) ha sido recientemente estudiado en detalle (Lago *et al.*, 1993) y ofrece argumentos interesantes respecto al emplazamiento y la composición. La diversidad de litotipos que se han podido estudiar en muestras de superficie (andesitas anfibólicas y riolitas) y con testigos de diversas obras públicas (basaltos olivínicos y andesitas piroxénicas, ambos muy alterados), permite considerar que se trata de una intrusión compleja con al menos —según criterios cartográficos— diversos pulsos, por lo que, a diferencia de lo indicado en Noguera, pueden ser intrusiones subvolcánicas asociadas, posiblemente, a diferentes focos emisivos y no son apófisis de una misma intrusión. En un perfil NE-SO (posición A-Á en Fig. 3A) realizado en la carretera de acceso a esta localidad se reconoce, en la base del complejo magmático (Fig. 4) un volumen reducido de andesitas (muy alteradas). El volumen mayor corresponde a riolitas que, hacia el techo, alternan con materiales sedimentarios de composición diversa (Lago *et al.*, 1993), lo que permite considerar un carácter pluriepisódico. Desde el punto de vista estructural el afloramiento está limitado por dos fallas de orientación NO-SE que ponen en contacto las riolitas con la alternancia de cuarcitas y pizarras atribuidas al Ordovícico Superior (Lendinez *et al.*, 1981 y Portero *et al.*, 1983). La presencia de una mineralización de turmalina desarrollada en la riolita (intensamente tectonizada en su contacto con las fallas que limitan el afloramiento magmático) apoya la hipótesis del papel activo jugado por estos accidentes tanto durante el emplazamiento del material volcánico como después de éste, facilitando la turmalinización (Lago *et al.*, 1993). La edad pre-triásica de este magmatismo, determinada por la fosilización de las rocas volcánicas, e incluso de las riolitas turmalinizadas, por los conglomerados atribuidos al Triásico Inferior y, por criterios de analogía composicional con otras riolitas de la Cordillera Ibérica (Lago

Fig. 4.—Perfil estratigráfico NNO-SSE en el sector de Bronchales (Fig. 3A).

Fig. 4.—NNW-SSE stratigraphic section in Bronchales area (location in Fig. 3A).





et al., 1992 y 1993), permite considerar una edad mínima en el Autuniense e integrar el emplazamiento de este material volcánico, y su mineralización de turmalina asociada, dentro de un modelo de semifosa tectónica ligada a las etapas distensivas tardi-hercínicas. El desarrollo de este tipo de semifosa tectónica Autuniense puede ser incluida dentro del modelo propuesto por Arche & Lopez-Gómez (1992) para explicar las primeras etapas de evolución tecto-sedimentaria de la cuenca pérmico-triásica del sector SE de la Cordillera Ibérica.

Las riolitas de Alcoroches (Fig. 3B) presentan un interés notable al estar fosilizadas, en su sector Norte, por los conglomerados en facies Buntsandstein. Las principales características de este afloramiento pueden resumirse en: *a*) la disposición domática que, provista de estructuras de fluidalidad en zonas próximas a los contactos, indica un ascenso relativamente lento y en condiciones de escaso espesor de los materiales paleozoicos que constituyen el encajante de la intrusión; *b*) su edad de emplazamiento «pre-Buntsandstein», y, finalmente, *c*) la afinidad calco-alcalina. La alteración, intensa y generalizada, que afecta a los feldespatos y las plagioclasas impide realizar determinaciones radiométricas que confirmen la edad del emplazamiento; el hecho de estar fosilizado por los materiales atribuidos al Buntsandstein sitúa la edad del emplazamiento entre el Autuniense (según la afinidad composicional con materiales esta edad) y el Triásico Inferior, pero falta determinar si pudo tener una edad Pérmico Superior.

El afloramiento volcanoclástico de Orea (Fig. 3C) es quizá el de mayor interés estratigráfico al estar situado por debajo de conglomerados atribuidos al Pérmico Superior (Virgili, com. pers.). Un perfil E-O en el material piroclástico (A-A' en la Fig. 3C), con una potencia de 277 m, muestra la alternancia de piroclastos (Fig. 5) formados por procesos hidromagmáticos. Destacamos tres tipos litológicos: el de aglomerado grueso constituido por fragmentos andesíticos (de mayor espesor), otro de aglomerado con menor granulometría (grano medio) y un tercero, de menor espesor y del tipo toba («tuff»: Wohletz & Heiken, 1992). El aglomerado grueso es heterométrico (cantos andesíticos con alteración secundaria variable, presenta diámetros entre 5 a 15 cm y, con una menor frecuencia el rango de 20 a 30 cm), sin orientación definida, una mala clasificación y es escasa la matriz entre los cantos andesíticos. Las andesitas de estos fragmentos presentan una variación en proporción modal

Fig. 5.—Perfil estratigráfico E-O del afloramiento de Orea (Fig. 3C).

Fig. 5.—E-W stratigraphic section in Orea sector (location in Fig. 3C).

para los cristales de clinopiroxeno (escaso), el anfíbol, la plagioclasa y la biotita. Los xenocristales de granate rico en almandino presentan una proporción parecida en las diversas andesitas. La elevada alteración que afecta a los minerales primarios ha limitado el estudio de su composición química (microsonda) a la biotita y su composición, en diversas andesitas, presenta una alta dispersión cualesquiera sean las relaciones catiónicas aplicadas (Ti-[Fe/Mg], Fe-Mg, Al^{IV} -[Fe/(Fe + Mg)], Al^{IV} -Ti, Si-(Fe/Mg), en Lago et al., 1995). Esta dispersión en composición junto a la descalcificación de las plagioclasas ($Ab_{99.78}$) y la alteración generalizada de los anfíboles se explica por procesos secundarios y, además, hace innecesario realizar determinaciones radiométricas en estas rocas. El aglomerado de grano medio consta de cantos de andesita (alterados) e incluye enclaves sedimentarios de composición diversa (pizarra, cuarcita, etc.). Por último, en los niveles de toba se observa una laminación cruzada y son frecuentes restos de tallos e, incluso, una hoja de *Callipteris conferta*. Este registro en paleoflora es indicativo de etapas sin magmatismo con desarrollo de vegetación relacionada con lagos bastante análogo al estudiado en los afloramientos (con una actividad pluriepisódica comparable) de Fombuena (Conte et al., 1987) y de Sauquillo de Alcázar (Navarro et al., 1991) en las Cadenas Ibéricas oriental y occidental. Desde el punto de vista cartográfico la unidad volcanoclástica tiene una orientación NNO-SSE y buzamiento al Oeste (Fig. 3C); los materiales atribuidos al Pérmico Superior se disponen discordantes, directamente, sobre la unidad anterior. Estructuralmente, el afloramiento volcanoclástico está limitado, en su parte Norte, por una falla normal de orientación E-O que pone en contacto, indistintamente, las rocas volcánicas y el encajante paleozoico, del bloque meridional levantado, con las dolomías y margas en facies Muschelkalk. La disposición cartográfica de los cuerpos de tobas y aglomerados gruesos, y la relación discordante entre éstos y el sustrato Paleozoico deformado, apoya el carácter normal de la citada falla (con su bloque levantado ocupado, en la actualidad, por los depósitos volcanoclásticos) y sugiere la presencia de otra falla con una orientación similar (localizada fuera de la zona de estudio). Al E, este mismo accidente pone en contacto el encajante Paleozoico con los materiales del Triásico Medio y, por último, al O no llega a afectar a los términos basales del Lías. Las relaciones espaciales entre los diferentes materiales (volcánicos y sedimentarios) sugiere la presencia de una falla de orientación E-O que constituyó el borde meridional de una semifosa tectónica basculada hacia el Sur.

COMPOSICIÓN DEL MAGMATISMO

Los afloramientos magmáticos de este área presentan una alteración secundaria importante (p.e., en Tramacastilla, Alcoroches, Orea y bastantes rocas en Bronchales) y, con menor intensidad en Noguera, lo cual limita conocer, en algunos casos (Tramacastilla y Alcoroches), la composición original (mineralógica y geoquímica) pero no impide constatar su afinidad calco-alcalina. La comparación petrológica de estas rocas (con, en general, alta alteración) y otras calco-alcalinas (Navidad, 1983; Muñoz *et al.*, 1985; Auqué, 1986 y Lago *et al.*, 1993) poco alteradas (p.e., las de Noguera y algunas rocas en Bronchales), permite establecer un estudio unitario en la Sierra de Albarracín. En la Tabla 1 se exponen los valores geoquímicos obtenidos en 3 afloramientos (Orea, Bronchales y Noguera). Estas composiciones comprenden una diferenciación mayor (andesita-dacita, dacita, riodacita y riolita) respecto a las de basaltos olivínicos a andesitas de los sectores de Ojos Negros y el Anticlinal de Montalbán (Tabla 1), poco alteradas, con probada afinidad calco-alcalina y edad Autuniense (Torres *et al.*, 1993 y Lago *et al.*, 1994).

Respecto a la composición mineral, existen algunos datos por microsonda en las daci-andesitas de Noguera (Auqué, 1986), en algunos litotipos de Bronchales (Lago *et al.*, 1993) y en cristales aislados (plagioclasa y biotita) de las rocas piroclásticas de Orea (Lago *et al.*, 1995); los contenidos catiónicos en los minerales analizados coinciden con los obtenidos en rocas análogas, poco alteradas, donde existen más datos en composición mineral y geoquímica lo que permite el contraste y posterior integración en la afinidad calco-alcalina.

La afinidad calco-alcalina (incluso considerando la movilidad de los elementos por la alteración secundaria) es patente por la concentración de elementos mayores y traza (Tabla 1) y está indicada en diversas relaciones interelementales (fig. 6). Así pues, los valores obtenidos en la relación Nb/Y (Tabla 1 y Fig. 6A), el comportamiento en la de $[(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{FeO}_i - \text{MgO}]$ o AFM (Fig. 6 B), el correspondiente a la de $\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{MgO} - \% \text{SiO}_2$ (Fig. 6D), junto al observado en la de $(\% \text{K}_2\text{O} - \% \text{SiO}_2)$ (Fig. 6C) y al aumento en K con respecto al de Rb [$\% \text{K}_2\text{O} - \text{Rb}$ (ppm)], en la figura 6 E y, por último, un buen ajuste en la relación Y/Nb-Zr/Nb (Fig. 6F) confirman la afinidad calco-alcalina. Estos comportamientos son comparables a las rocas calco-alcalinas y pérmicas (con diverso grado de diferenciación) en otros sectores de la Cordillera Ibérica (Muñoz *et al.*, 1985; Lago & Pocovi, 1991 y Lago *et al.*, 1991).

| | SiO ₂ | Na ₂ + K ₂ O | F ₂ O ₃ | MgO | K ₂ O | Nb/Y | Zr/Nb | Rb |
|----|------------------|------------------------------------|-------------------------------|------|------------------|------|-------|------|
| 1 | 66,50 | 5,42 | 5,58 | 2,53 | 1,90 | 1,00 | 11,60 | 60 |
| 2 | 65,90 | 4,17 | 4,99 | 3,96 | 2,34 | 0,69 | 12,00 | 89 |
| 3 | 64,30 | 4,38 | 5,34 | 4,04 | 2,30 | 0,75 | 12,66 | 75 |
| 4 | 61,50 | 6,24 | 5,83 | 2,47 | 1,92 | 0,50 | 16,00 | 56 |
| 5 | 63,00 | 6,22 | 5,89 | 2,48 | 1,82 | 0,71 | 11,60 | 50 |
| 6 | 66,30 | 5,84 | 4,42 | 2,61 | 2,16 | 0,83 | 12,10 | 70 |
| 7 | 63,60 | 4,60 | 5,28 | 4,36 | 2,29 | 0,91 | 12,00 | 76 |
| 8 | 62,60 | 5,51 | 5,44 | 4,17 | 3,05 | 0,91 | 12,90 | 106 |
| 9 | 76,70 | 4,29 | 1,49 | 0,20 | 4,12 | 1,75 | 6,95 | 198 |
| 10 | 74,20 | 4,43 | 3,01 | 0,27 | 4,23 | 3,00 | 5,00 | 233 |
| 11 | 62,88 | 7,90 | 1,69 | 3,15 | 4,00 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 12 | 63,65 | 7,58 | 2,16 | 2,90 | 4,71 | n.d. | n.d. | 176 |
| 13 | 64,32 | 6,83 | 1,42 | 3,15 | 3,35 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 14 | 63,98 | 7,18 | 1,21 | 3,52 | 3,34 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 15 | 63,01 | 5,84 | 3,51 | 3,08 | 2,70 | 1,00 | 11,93 | 155 |
| 16 | 67,84 | 6,45 | 3,61 | 3,92 | 3,15 | 0,94 | 11,43 | 133 |
| 17 | 63,60 | 5,96 | 3,50 | 4,06 | 3,04 | 1,27 | 9,31 | 158 |
| 18 | 55,00 | 4,27 | 5,16 | 4,68 | 2,05 | 0,27 | 36,66 | 60 |
| 19 | 47,80 | 4,39 | 4,93 | 2,83 | 2,38 | 0,15 | 28,00 | 49 |
| 20 | 47,80 | 4,39 | 4,93 | 2,83 | 2,83 | 0,15 | 28,00 | 49 |
| 21 | 53,10 | 3,51 | 7,98 | 7,49 | 1,11 | 0,36 | 25,00 | 31 |
| 22 | 50,80 | 3,26 | 6,64 | 3,73 | 1,26 | 0,11 | 37,00 | 38 |
| 23 | 51,50 | 3,10 | 7,67 | 5,87 | 1,08 | 0,11 | 37,00 | 29 |
| 24 | 52,60 | 2,02 | 7,32 | 5,24 | 0,41 | 0,42 | 16,75 | 18 |
| 25 | 52,50 | 3,07 | 7,16 | 6,29 | 1,21 | 0,63 | 12,30 | 46 |
| 26 | 56,70 | 4,25 | 5,60 | 4,11 | 1,97 | 0,92 | 12,41 | 64 |
| 27 | 53,50 | 3,19 | 7,70 | 5,76 | 1,56 | 0,61 | 15,09 | 56 |
| 28 | 52,00 | 2,23 | 7,42 | 5,29 | 0,75 | 0,56 | 12,50 | 26 |
| 29 | 48,90 | 1,88 | 7,09 | 6,99 | 0,27 | 0,64 | 13,33 | 8 |
| 30 | 57,90 | 4,06 | 6,10 | 4,48 | 1,80 | 0,56 | 16,66 | 63 |
| 31 | 53,00 | 3,36 | 7,21 | 5,42 | 0,72 | 0,47 | 16,00 | 27 |
| 32 | 52,70 | 3,21 | 6,69 | 6,10 | 1,21 | 0,63 | 12,50 | 30 |
| 33 | 52,90 | 1,99 | 7,30 | 5,19 | 0,31 | 0,53 | 13,50 | 16 |
| 34 | 52,90 | 1,99 | 7,30 | 5,19 | 0,31 | 0,53 | 13,50 | 47 |
| 35 | 59,70 | 4,69 | 5,27 | 2,53 | 2,53 | 0,69 | 16,00 | 107 |

Tabla 1.—Valores analíticos en rocas del área (1 a 8: Noguera —Navidad, 1983 y Auqué, 1986—, 9 y 10: Bronchales —Lago *et al.*, 1993—, 11 a 17: Orea, este trabajo) y otras para comparar la afinidad calco-alkalina (18 a 23: Ojos Negros —Lago *et al.*, 1994—, y 24 a 35: Anticlinal de Montalbán —Torres *et al.*, 1993—).

Table 1.—Analytical values for samples of the studied area (1 to 8: Noguera —Navidad, 1983 and Auqué, 1986—, 9 and 10: Bronchales —Lago *et al.*, 1993—, 11 to 17: Orea, this paper) and other samples for comparison of the calc-alkaline affinity (18 to 23: Ojos Negros —Lago *et al.*, 1994—, and 24 to 35: Montalbán anticline —Torres *et al.*, 1993—).

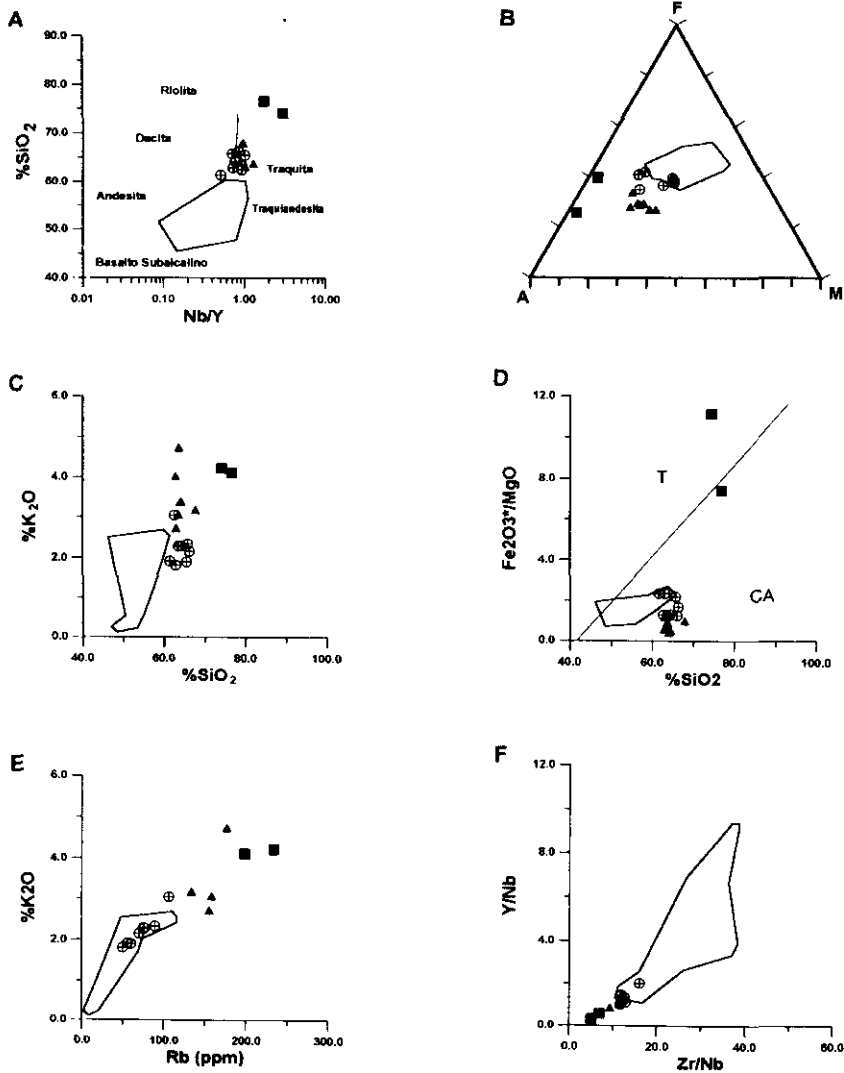


Fig. 6.—Relaciones en la composición geoquímica (valores en Tabla 1): A) %SiO₂-Nb/Y; B) diagrama AFM; C) %K₂O-%SiO₂; D) Fe₂O₃*/MgO-%SiO₂; E) %K₂O-Rb (ppm) y F) Y/Nb-Zr/Nb. Símbolos: en cuadrados, 2 rocas de Bronchales; en triángulos, 8 rocas de Noguera; en círculo, 8 rocas de Orea; la línea continúa corresponde al campo de 6 rocas de Ojos Negros y 12 rocas del Anticlinal de Montalbán).

Fig. 6.—Relations in geochemical composition (data in table 1): A) %SiO₂-Nb/Y; B) AFM diagram; C) % K₂O-%SiO₂; D) Fe₂O₃*/MgO-%SiO₂; E) %K₂O-Rb (ppm) and F) Y/Nb-Zr/Nb. Symbols: squares: Bronchales area (2 samples); triangles: Noguera (8 samples); crossed circles: Orea (8 samples). The line encloses the field defined by samples of Ojos Negros (6 samples) and Montalbán anticline (12 samples).

La integración de este magmatismo con el análogo, en edad y composición, en otros sectores de la Cordillera Ibérica se hace por la selección de 6 rocas, poco alteradas, en Ojos Negros (Lago *et al.*, 1994) y 12 rocas del Anticlinal de Montalbán (Torres *et al.*, 1993) cuyos valores se exponen en la Tabla 1. El campo definido por estas 18 rocas se expresa, por una línea continua, en la figura 6 (desde A a F). Esta comparación indica una buena correspondencia entre los términos más indiferenciados, incluidos en la comparación, y los más diferenciados (Sierra de Albarraçín). La movilidad en algunos elementos, por procesos de alteración secundaria, no impide reconstruir la secuencia de diferenciación en la serie calco-alcalina.

CONSIDERACIONES FINALES

La afinidad calco-alcalina de los afloramientos magmáticos de la Sierra de Albarraçín coincide con la establecida (por criterios de geoquímica en roca total y datos parciales en química mineral expuestos en Lago *et al.*, 1992 y 1993) para otros afloramientos (Ojos Negros y Anticlinal de Montalbán) de las Cadenas Ibéricas oriental y occidental donde la composición en química mineral (microsonda) precisa esta afinidad magmática. Son escasos, todavía, los datos en composición mineral para algunos afloramientos (Noguera –Auqué, 1986–, Bronchales –Lago *et al.*, 1993– y Orea –Lago *et al.*, 1995–) y no se han publicado datos, hasta el momento, en algunos afloramientos muy afectados por la alteración secundaria (Tramacastilla y Alcoroches). En consecuencia, el magmatismo co-genético (con afinidad calco-alcalina) de los afloramientos puede ser utilizado en la argumentación posterior sobre el emplazamiento de este magmatismo en la Sierra de Albarraçín.

En el afloramiento de Orea la presencia de paleoflora (con edad Autuniense muy probable) y la posición de esta unidad volcanoclástica por debajo de los materiales del Pérmico Superior supone un intervalo temporal mejor definido respecto a estudios previos. Esta precisión puede estar apoyada por la analogía de la paleoflora en Orea con la estudiada en los afloramientos calco-alcalinos de Fombuena (Conte *et al.*, 1987) –con una edad K/Ar 292 MA–, y en Sauquillo de Alcázar (Navarro *et al.*, 1991; Lago *et al.*, 1991 y Bastida *et al.*, 1994). En Bronchales y Noguera la edad Autuniense a Pérmico Superior se deduce por criterios estratigráficos y paleontológicos. En las riolitas de Alcoroches la atribución a este rango de edad se apoya en la analogía de composición y su posición es-

tratigráfica. Por último, la edad del afloramiento de Tramacastilla responde sólo a criterios de analogía en composición petrológica.

Los afloramientos de Bronchales (Lago *et al.*, 1993) y Orea son ejemplos de semifosas tectónicas y, junto a éstos, los de Noguera y Alcoroches presentan rasgos estructurales que indican un emplazamiento tardi-hercínico y claramente pre-Trías. En este contexto, desde un punto de vista estructural las características de los afloramientos estudiados apoya la idea del papel activo jugado por fallas tardi-hercínicas tanto en el emplazamiento del material magmático como en el relleno sinsedimentario de estas cuencas. Dentro del contexto de la Cadena Ibérica occidental, el desarrollo de las semifosas autunienses de la Sierra de Albarracín se encuadra dentro del régimen distensivo de finales del Ciclo Hercínico responsable de la sedimentación, fundamentalmente siliciclástica y lacustre, asociada a la etapa de semigraben permo-triásica (Arche & López-Gómez, 1992).

AGRADECIMIENTOS

Las sugerencias de los correctores anónimos han mejorado algunas propuestas iniciales en este tema y área. Este trabajo desarrolla objetivos previstos en el programa PB 89-0346 (DGICYT).

NOTA BIBLIOGRÁFICA:

- APARICIO, A. & GARCÍA CACHO, L. (1984): «Quimismo de los principales componentes minerales de las rocas volcánicas paleozoicas del área de Atienza (Prov. de Guadalupe)», *Bol. Geol. Minero.*, XCV-I: 80-89.
- ARCHE, A. & LÓPEZ-GÓMEZ, J. (1992): «Una nueva hipótesis sobre la evolución tectono-sedimentaria de la cuenca pérmico-triásica del SE de la Cordillera Ibérica», *Cuad. Geol. Ibérica*, 16: 115-143.
- AUQUE, L. (1986): «Las rocas volcánicas de Noguera de Albarracín (Teruel) y sus enclaves metamórficos», *Tesis Licenciatura (inérita)*. Univ. Zaragoza, 315 pp
- AUQUE, L.; SÁNCHEZ CELA, V. & APARICIO, A. (1987): «Enclaves con espinela-corindón-sillimanita en rocas andesítico-dacíticas (Noguera, Sierra de Albarracín. Teruel)», *Estudios geol.*, 43: 139-147.
- AZNAR, J. M.; RAMÍREZ, J. L.; OLIVE, A. MOISSENET, E.; HERNÁNDEZ, A. & PORTERO, J. M. (1983): *Mapa Geológico de España, E.1:50.000, MAGNA, Hoja núm. 589 (Terriente)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 80 pp.
- BAMBO, C.; LAGO, M.; TORRES, J. A.; POCÓVI, A.; VAQUER, R.; ZACHMANN, D. & CARLS, P. (1989): «Petrology, geochemistry, and setting of the Stephano-Permian calc-alkaline magmatism of "Sierra de Albarracín" and "Ojos Negros" zones (Teruel and Guadalupe, Spain)», *Terra Abstracts*, I, 1: 283.

- BASTIDA, J.; LAGO, M.; POCOVI, A.; ARRANZ, E.; PLANA, F.; SANZ, A. & SERRANO, J. (1994): «Cristalinidad de caolinitas y génesis de caolines en la Formación Arroyo Ruidero (Macizo de Ateca, Cadena Ibérica, Soria)», *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 19:379-397.
- BOULOUARD, C. & VIALARD, P. (1971): «Identification du Permien dans la Chaîne Ibérique», *C. R. Ac. Sc. Paris*, V, 273: 2441-2444.
- CONTI, J. C.; GASCÓN, F.; LAGO, M. & CARLS, P. (1987): «Materiales Stephano-Pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza)», *Bol. Geol. Minero*, XCVIII-IV: 460-470.
- LAGO, M. & POCOVI, A. (1991): «Magmatismo de Teruel», en M. GUTIERREZ & A. MELÉNDEZ (eds.), *Introducción a la geología de la provincia de Teruel*. Instituto Estudios Turolenses, Teruel, 85-93.
- LAGO, M.; TORRES, J. A.; BAMBO, C.; HIDALGO, M. A. & POCOVI, A. (1989): «Caracteres composicionales de xenocristales de granates en rocas calco-alcálinas, Stephaniense-Pérmicas, del sector de la Depresión del Cámaras y el Anticlinal de Montalbán (Provincias de Zaragoza y Teruel)», *Bol. Soc. Española Mineralogía*, 12-1: 61-62.
- LAGO, M.; POCOVI, A.; ZACHMANN, D.; ARRANZ, E.; CARLS, P.; TORRES, J. A. & VAQUER, R. (1991): «Comparación preliminar de las manifestaciones magmáticas, calco-alcálinas y Stephaniense-Pérmicas, de la Cadena Ibérica», *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 16: 95-109.
- LAGO, M.; ÁLVARO, J.; ARRANZ, E.; POCOVI, A. & VAQUER, R. (1992): «Condiciones del emplazamiento, petrología y geoquímica de las riolitas, calco-alcálinas y stephaniense-pérmicas, en las cadenas ibéricas», *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 17: 187-198.
- LAGO, M.; AUQUE, L.; ARRANZ, E.; GIL-IMAZ, A. & POCOVI, A. (1993): «Caracteres de la fosa de Bronchales (Stephaniense-Pérmico) y de la turmalinización asociada a riolitas calco-alcálinas (Provincia de Teruel)», *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 18: 65-81.
- LAGO, M.; ARRANZ, E.; POCOVI, A.; VAQUER, R. & GIL-IMAZ, A. (1994): «Petrología y geoquímica de los basaltos calco-alcálinos, Autuniense, de Ojos Negros (Cadena Ibérica Oriental, Teruel)», *Bol. Geol. Min.* (noviembre-diciembre, en prensa)
- LAGO, M.; GIL-IMAZ, A.; ARRANZ, E.; BASTIDA, J. & POCOVI, A. (1995): «Emplazamiento, petrología y geoquímica del complejo volcanoclástico de Orea (Guadalajara, Cadena Ibérica occidental)», *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 20 (en prensa).
- LENDINEZ, A.; TENA-DÁVILA, M.; BASCONES, L.; MARTÍN HERRERO, D. & LA MONEDA, F. (1981): *Mapa Geológico de España, E.1:50.000, MAGNA, Hoja núm. 540 (Checa)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 63 pp.
- LINTHOUT, K. & EVERTS, A. J. (1992): «The flow-banded rhyolitedome of San Bartolomé (Alcoroches, Guadalajara), a novelty for Spain», *Geol. en Mijnbouw*, 71: 33-37.
- MUÑOZ, M.; ANCOCHEA, E.; SAGREDO, J.; DE LA PEÑA, J. A.; HERNÁN, F.; BRANDLE, J. L., & MARFIL, R. (1985): «Vulcanismo Permo-Carbonífero de la Cordillera Ibérica, Xº Congr. Int. Stratigraph. et du Géol. du Carbonifère, Madrid, 1983, Compte Rendu, 3: 27-52.
- NAVARRO, D.; MUÑOZ DEL REAL, J. L.; GRANADOS, L. F.; HORVATH, V.; ROSELL, J.; LAGO, M.; POCOVI, A.; GÓMEZ, J. L.; MELÉNDEZ, A.; CARBALLEIRA, J.; POI, C.; SIMON, J. L.; CASAS, A.; MARTÍN, D.; BENITO, G.; GUTIÉRREZ, M. & SANCHO, C. (1991): *Mapa Geológico de España, E.1:50.000, MAGNA, Hoja núm. 380 (Borobia)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 96 pp.

- NAVIDAD, M. (1983): «Vulcanismo permo-carbonífero en la Cordillera Ibérica (Rama Occidental)», *Fundación Juan March. Serie Universitaria*, 202, 63 pp.
- PORTERO, J. M.; GUTIÉRREZ, M.; AGUILAR, M.; RAMÍREZ, J.; ARAGONÉS, E.; GINER, J. & RIBA, O. (1983): *Mapa geológico de España, E.1:50.000, MAGNA, Hoja núm. 565 (Tragacete)*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 89 pp.
- RIBA, O. (1959): *Estudio geológico de la Sierra de Albarracín*, CSIC, Monografías Inst. «Lucas Mallada» de Geología, 16, 283 pp.
- (1991): «Estratigrafía del Pérmico y Triásico», en M. GUTIÉRREZ & A. MELÉNDEZ (eds.), *Introducción a la geología de la provincia de Teruel*, Instituto de Estudios Turolenses. Teruel, 35-54.
- RIBA, O., (1993): «Sierra de Albarracín», en *XXVII Curso de Geología Práctica*, Teruel, 33-56.
- SIMÓN, J. L. (1982): *Compresión y distensión alpinas en la Cadena Ibérica Oriental*, Tesis Doctoral, Universidad Zaragoza, 501 pp.
- SOPENA, A. (1979): «Estratigrafía del Pérmico y Triásico al NO de la provincia de Guadalajara», *Sem. Estratigrafía, Ser. Monografías*, 5, 329 pp.
- 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.
- TORRES, J. A.; LAGO, M.; ARRANZ, E.; VAQUER, R. & POCOVÍ, A. (1993): «Estudio geoquímico del magmatismo calco-alcalino, Autuniense, del Anticlinal de Montalbán (Cadena Ibérica Oriental, Teruel). Vº Congr. Geoquímica España, Soria, 54-59.
- VIRGILI, C.; SOPENA, A.; RAMOS, A. & HERNANDO, S. (1977): «Problemas de la cronoestratigrafía del Trías en España», *Cuad. Geol. Ibérica.*, 4: 57-88.
- WOHLEITZ, K. & HEIKEN, G. (1992): «*Volcanology and geothermal energy*», Univ. of California Press., Berkeley, 432 pp.

Manuscrito recibido: 27 de junio 1994

Manuscrito aceptado: 14 marzo 1995