



Comparación preliminar de las manifestaciones magmáticas, calcoalcalinas y stephaniense-pérmicas, de la Cadena Ibérica

Preliminary comparison of magmatic manifestations, calc-alkaline affinity and stephanian-permian age, in the Iberian Chain

LAGO, M., POCOVI, A., ZACHMANN, D., ARRANZ, E., CARLS, P., TORRES, J. A. y VAQUER, R.

En este trabajo se estudian, de forma sintética y actualizada, las manifestaciones (hipovolcánicas y volcanoclásticas) calco-alcalinas que, con carácter epizonal, pluriepisódico y edad Stephaniense-Pérmico, afloran en la Cadena Ibérica. El estudio del magmatismo en la cuenca de Sauquillo de Alcázar (Soria) permite identificar la geometría y la modalidad de este magmatismo con mayor precisión, respecto a lo obtenido en los cuatro afloramientos volcánico-clásticos seleccionados. Los resultados obtenidos facilitan realizar consideraciones sobre el estudio espacio-temporal de este magmatismo.

Palabras clave: magmatismo, calco-alcalino, Stephaniense-Pérmico, Cadena Ibérica, comparación.

A synthetic and actualized study of several magmatic calc-alkaline manifestations of Stephanian-Permian age, of the Iberian Chain, is proposed in this paper. The Sauquillo de Alcázar (Soria) outcrop allows a more complete study (with drilling logs and a surface profile) giving improved spacetime information on the geometry and evolution of this magmatism. Four pyroclastic outcrops are integrated in this comparison.

Key words: magmatism, calc-alkaline, Stephanian-Permian, Iberian Chain, comparison.

LAGO, M., POCOVI, A., ARRANZ, E., CARLS, P. TORRES, J. A. (Departamento Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza). ZACHMANN, D. (Institut für Geologie und Paläontologie, Technische Universität Braunschweig. B.D.R.). VAQUER, R. (Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad de Barcelona-Pedralbes).

INTRODUCCION

Los datos referentes al magmatismo calco-alcalino, de edad Stephaniense-Pérmico, de la Cordillera Ibérica, se han acrecentado considerablemente con los trabajos de los últimos diez años, tanto en lo que concierne a la localización cartográfica y descripción de nuevos afloramientos (incluidas la edad y modalidades de emplazamiento) como a estudios petrológicos y geoquímicos.

En este trabajo se intenta ofrecer una breve síntesis, actualizada, sobre este magmatismo, haciendo constar, de una parte, los rasgos básicos y mejor establecidos que son: a) la naturaleza calco-alcalina, b) la variabilidad de términos representados (desde basaltos aluminicos hasta riolitas con alto contenido en K, existiendo un predominio de las andesitas), c) el carácter epizonal de las intrusiones, d) el control estratigráfico y estructural ejercido sobre los materiales hipovolcánicos; e) la datación en las manifestaciones hipovolcánicas y volcano-clásticas y, finalmente, f) el carácter pluriepisódico reconocible en algunos sectores, y, por otra parte, señalar las dificultades que ofrece el estudio de este paleomagmatismo, debidas a las alteraciones secundarias y, en especial, a las limitaciones de los propios afloramientos (p. e.: insuficiente exposición geométrica, dispersión areal de las intrusiones, escasez de referencias fiables para la correlación entre intrusiones, etc.).

El estudio de la ubicación de las numerosas intrusiones hipovolcánicas (sills y diques) en materiales con edad muy diversa (desde el Cámbrico hasta el Carbonífero), ha orientado la búsqueda de argumentos, con interés respecto a la edad del emplazamiento, a la obtención de criterios estructurales (conocimiento de la esquistosidad tardihercínica, etc.), estratigráficos y la realización de unas primeras dataciones radiométricas lo que, considerado de forma unitaria, facilita una mejor información y, a su

vez, corrobora y completa la obtenida en manifestaciones volcanoclásticas.

En la exposición de los conocimientos obtenidos citamos los trabajos más recientes, que recogen los numerosos estudios previos, sobre este magmatismo. No obstante, por razones de unidad metodológica (composición mineralógica y geoquímica), utilizamos en esta exposición, de forma preferente, los datos obtenidos por nosotros (publicados e inéditos). El ensayo de comparación, desarrollado posteriormente, comprende dos aspectos: a) estudio del magmatismo ubicado en cuatro afloramientos volcano-clásticos, con cierta dispersión areal, y b) exposición de la geometría obtenida sobre las manifestaciones magmáticas ubicadas en una cuenca individualizada que, por aunar datos en perfiles de sondeos y observaciones obtenidas en superficie aflorante, facilita disponer de un ejemplo «prototipo» respecto a las observaciones extraíbles en otras cuencas donde, como contraste, existen condiciones difíciles para estudiar la geometría detallada del magmatismo.

SITUACION DE LOS ESTUDIOS SOBRE ESTE MAGMATISMO

La presencia de manifestaciones magmáticas en materiales pre-triásicos de la Cordillera Ibérica ha sido citada en casi un centenar de trabajos, con índole diversa (cartografía geológica, estructural, estratigrafía, paleontología, petrología y mineralizaciones) e, inicialmente, cierta dispersión en los conocimientos adquiridos.

Los trabajos de ALVARO *et al.* (1979) y CAPOTE (1983) sitúan este magmatismo en el contexto del «doming» precursor del aulacógeno Ibérico, ó etapa pre-cuarcita en los conceptos de HOFFMAN (1973). Posteriormente, se han aportado nuevos datos (VILCHEZ, 1984; CONTE, 1985; TEJERO, 1987; TEJERO y CAPOTE, 1987; LAGO y POCOVÍ, 1987 g; TORRES, 1990) concer-

nientes a nuevas localizaciones de afloramientos y sus modalidades de emplazamiento.

Estudios diversos, con carácter de síntesis estratigráfica (CAPOTE *et al.*, 1982; ARCHE *et al.*, 1983; VIRGILI, 1983; SOPEÑA y RAMOS, 1985; SOPEÑA *et al.*, 1988), que compendian una importante información previa, facilitan establecer una comparación espacio-temporal, en afloramientos seleccionados y ubicados principalmente, en la Rama Castellana. La edad propuesta, Autuniense basal, y —en todo caso— pre-Buntsandstein, ha sido confirmada en nuestros estudios sobre la Rama Aragonesa.

En MUÑOZ *et al.* (1985) se ofrece una buena recopilación sobre los aspectos petrológicos y geoquímicos de este magmatismo que, junto a la incorporación de datos nuevos, facilitan una excelente síntesis en este tema. La sugerente discusión petrogenética, planteada en este trabajo, refleja un buen conocimiento del magmatismo en la Rama Castellana que, hoy en día, merece ser completado con los nuevos datos obtenidos en la Rama Aragonesa.

Las investigaciones realizadas por nosotros se han centrado en la Rama Aragonesa (1984-1991) y se amplían, en la actualidad, a sectores menos estudiados en la Rama Castellana. Las 500 intrusiones cartografiadas (Fig. 1A) están siendo incorporadas a la cartografía MAGNA (Hojas número 380, 439 y 466) y en la de Síntesis, escala 1:200.000, de la Hoja número 40 (Daroca). La edad Autuniense ha podido ser confirmada por: a) dataciones K/Ar: $283 \pm 2,5$ m.a. (afloramiento volcanoclástico de Fombuena; CONTE *et al.*, 1987, y un valor de $293 \pm 2,5$ m.a. en el microgabro de Loscos; LAGO *et al.*, 1988 a); b) determinaciones de paleoflora y otros criterios estratigráficos; p. e. véanse Figs. 1B, C, D y E en este trabajo) y c) criterios estructurales (VILCHEZ, 1984; CONTE, 1985; LAGO y POCOVI, 1987 g; TORRES, 1990). Estudios sobre las modalidades de emplazamiento (sills y diques) han permitido confirmar (VILCHEZ,

1984; CONTE, 1985; CONTE y LAGO, 1985 a; LAGO y POCOVI, 1985 g; LAGO *et al.*, 1988 a y 1990 b; TORRES *et al.*, 1989 a, b, c y d; TORRES, 1990) que las intrusiones cortan las estructuras (plegamiento, esquistosidad) de las etapas compresivas reconocidas y el magmatismo es contemporáneo a la distensión tardihercínica. Argumentos basados en la interferencia de intrusiones con composición diferente (LAGO y POCOVI, 1987 a y g; LAGO *et al.*, 1988 a, b, c, d; 1989 a y 1990 b; TORRES *et al.*, 1989 a, b, c y d; BAMBO, 1989 y TORRES, 1990) hacen pensar en un carácter pluriépisódico que, según se expone (Figs. 13 y 14), está justificado por la posición geométrica y la composición (petrológica y geoquímica) de algunas intrusiones (andesitas basálticas y anfibólicas, y riolitas). Nuevos estudios petrológicos, mineralógicos y geoquímicos (tanto en afloramientos hipovolcánicos y volcanoclásticos, como en xenolitos —granitoideos y metamórficos— alojados en andesitas) han permitido ampliar y precisar datos sobre la naturaleza calco-alcalina de este magmatismo (LAGO *et al.*, 1987; AUQUE, 1986; AUQUE *et al.*, 1987; LAGO *et al.*, a, b, c, d; 1989 a, b y c; TORRES, 1990). Las nuevas publicaciones (en realización) aportan cuantos datos se han citado aquí y, en lo esencial, recogen una información (en su mayor parte, inédita) transmitida en reuniones y congresos.

PETROLOGIA Y GEOQUIMICA

Una inspección al esquema cartográfico general (Fig. 1A) permite observar que existen sensibles diferencias en la abundancia y distribución de las manifestaciones hipovolcánicas (sills y diques) y volcanoclásticas entre el macizo de Ateca y el de Calatayud-Montalbán.

En el macizo de Calatayud-Montalbán, las intrusiones hipovolcánicas (con predominio de los sills respecto a los diques) son las más abundantes y solo se conocen tres

afloramientos volcanoclásticos: a) el andesítico-dacítico de la Fosa de Fombuena (Fig. 1E) con comprobada edad Autuniense (CONTE *et al.*, 1987), b) las andesitas-dacitas de la fosa de Codos (Fig. 1A; MATEO LAZARO, 1987) y c) un afloramiento aglomerático (andesitas basálticas y andesitas), con extensión reducida, próximo a Castejón de las Armas (Fig. 1A). A nivel petrológico, interesa destacar el predominio de las andesitas (en volumen de las intrusiones y con amplia distribución espacial), el carácter subordinado de las riolitas y, finalmente, la escasez de basaltos y dacitas. El microgabro próximo a Loscos (Fig. 1A), con edad K/Ar en $293 \pm 2,5$ m.a. y zonación interna —predominio de piroxeno en la periferia y de anfíbol en el centro— está atravesado por un dique de andesita basáltica.

En el macizo de Ateca y en la Rama Castellana (Fig. 1A), en cambio, los términos volcanoclásticos están mejor representados y las intrusiones hipovolcánicas son minoritarias. La aplicación de los diversos criterios indicados al inicio de este artículo, corrobora la estrecha analogía, en edad de emplazamiento y naturaleza calco-alcalina, de estas manifestaciones con las citadas en el macizo de Calatayud-Montalbán.

En la Fig. 2 se indican las composiciones minerales representativas en las seis facies establecidas (criterios petrológicos y geoquímicos: indicamos para Opx su composición en En., y, para Cpx, sus variaciones composicionales en las proporciones Eb. y Fs.; en granate, su porcentaje en molécula de Almandino; el parámetro mg expresa la variación en el Anfíbol y en la Biotita), existiendo términos graduales entre las facies, ó litotipos adoptados (aparte de los abundantes datos aportados en CONTE, 1985 y TORRES, 1990; en posteriores publicaciones temáticas, LAGO *et al.*, —en redacción—, se abordan cuantos aspectos exceden los objetivos formulados en este trabajo sintético.

Los basaltos son, volumétricamente, escasos y están afectados por una alteración secundaria intensa y generalizada. En ejem-

plos aislados (Ojos Negros, en Figs. 1A y 1C) se ha podido estudiar la composición mineral detallada que, por lo general, comprende: $Ol + Pl \pm Opx \pm Cpx$ (Fig. 2).

Las andesitas comprenden dos términos (basálticos, ó con alta proporción en piroxeno, y anfibólicos, con alta proporción en anfíbol y biotita y, frecuentemente, con xenocristales de granate rico en almandino, Figs. 2 y 3). En el primer grupo son representativas las composiciones: Ol (escaso y/o alterado) + $Opx + Cpx + Hb + Pl \pm Gr$ (Almandínico) $\pm Q$ (xenocristalino), y en las andesitas anfibólicas: $Cpx \pm Opx + Pl + Hb + Bi \pm Gr$ (Almandínico) $\pm Q$ (xenocristalino).

Las daci-andesitas y dacitas, minoritarias, y con composición en: $Pl \pm HB \pm Bi \pm FK + Q \pm$ xenocristales de Granate (con afinidad almandínica), y/o xenocristales de cuarzo, representan un tránsito gradual hacia los términos daci-riolíticos (Fig. 3).

Las riolitas presentan una cierta variedad composicional, en condiciones de emplazamiento, y, en especial, destaca el alto porcentaje en K, que está de acuerdo con el contenido en xenolitos —variablemente asimilados— de naturaleza pizarrosa. Considerando los aspectos texturales (términos hipo a holocristalinos) y la variable composición ($Pl \pm KF \pm Bi \pm Ms + Q \pm$ Turmalina) se pueden establecer cuatro facies. La complejidad de su emplazamiento y composición es objeto de un estudio específico (LAGO *et al.*, en redacción) que completa los datos iniciados aquí (Figs. 2, 3, 6 y 12 B).

La presencia de procesos secundarios (con amplia extensión e intensidad) en estas rocas (cloritización, silicificación, carbonatización, sericitización, ferruginización, etc.) limita, en gran medida, la obtención de datos (mineralógicos, petrológicos y geoquímicos) representativos y dificulta, hasta el momento, la elaboración de un modelo petrogenético que satisfaga la amplia variedad de anomalías detectadas (p. e. abundancia

de xenolitos y xenocristales, con parcial asimilación, la constatada movilidad en algunos elementos incompatibles, etc.).

El estudio de los xenolitos que, de forma frecuente y con naturaleza variada: granitos, aplitas, esquistos con sillimanita \pm corindón \pm Hercinita \pm rutilo \pm granate con afinidad almandínica, y otros sedimentarios —cuarcita, pizarras, calizas, etc.— ha sido objeto de estudios particulares (APARICIO y GARCIA CACHO, 1984; MUÑOZ, 1985; AUQUE, 1986; AUQUE *et al.*, 1987; LAGO *et al.*, 1987 a, b, c, d, e, f y g; 1988 a; 1989 a y c, y 1990 a; TORRES *et al.*, 1989 b; TORRES, 1990) sin que, por el momento, se puedan aportar datos petrogenéticos suficientes sobre su origen y el/los proceso/s de incorporación a este magmatismo.

En lo que concierne a la composición química, es bien manifiesta la transición petrológica (Fig. 3) ya comentada, la afinidad calcoalcalina (Figs. 4, 5, 6, 7, 8 y 9), las pautas de variación entre los elementos compatibles e incompatibles y acerca de sus relaciones mutuas (Figs. 10 y 11) que expresan una diferenciación según procesos de cristalización fraccionada. El estudio de las REE (Fig. 12 a; considerando valores de normalización según BOYNTON, 1984) permite observar (basaltos y andesitas: Fig. 12 a) una anomalía negativa, poco acentuada, para el Eu (Eu/Eu^*) cn: 0.62-0.65 y valores de (La/Lu) cn: 6.8-11.6, propias de un ambiente continental.

Según se comentó, el espectro obtenido para las riolitas (Fig. 12B), expresa un comportamiento anómalo respecto al de los términos indiferenciados (Fig. 12A), puesto de manifiesto por la anomalía negativa del Eu y, en detalle, unas variaciones bruscas tanto en la LiL como en las HREE lo que, en nuestra opinión, debe ser interpretado por la consideración unitaria de los xenolitos asimilados, y las variaciones mineralógicas observadas en estas rocas.

Un mayor número de análisis representativos de los litotipos riolíticos reconocidos (LAGO *et al.*, en realización), permitirá

identificar mejor su comportamiento petrogenético.

COMPARACION EN AFLORAMIENTOS VOLCANOCLASTICOS SELECCIONADOS

Los cuatro afloramientos volcanoclásticos seleccionados (Orea: Fig. 1 B; Ojos Negros: Fig. 1 C; Sauquillo de Alcázar: Fig. 1 D y fosa de Fombuena: Fig. 1 E) han sido objeto de un estudio estratigráfico, paleontológico, mineralógico, petrológico y geoquímico (y en el de Fombuena hay dataciones K/Ar: $283 \pm 2,5$ m.a.; CONTE *et al.*, 1987), lo que supone una información, básica y homogénea, que se considera es satisfactoria para un estudio de comparación.

Una primera consideración es destacar el carácter polifásico de un magmatismo cogenético. El número de ciclos (ó eventos magnéticos) y su intensidad, varían en los cuatro afloramientos. Si exceptuamos el afloramiento de Ojos Negros (Fig. 1C) con reconocida fraccionación base-techo en la colada basáltica y, escasa participación de procesos volcanoclásticos en una etapa pre-Buntsandstein y con ausencia de paleoflora, los tres restantes afloramientos (Figs. 1 B, D y E) expresan eventos repetidos con existencia de periodos inactivos con amplia actividad biológica, puesta de manifiesto por el alto número de restos vegetales, incluido polen, cuyo análisis ha determinado una edad Autuniense basal (BAMBO *et al.*, 1989 en Ojos Negros; DE LA PEÑA *et al.*, 1977 a y b; y HORVATH, v. —Enadimsa, 1988: com. pers.— en Sauquillo; y, CONTE, *et al.*, 1987, en Fombuena). La macro y microflora aquí identificada apunta un ambiente Autuniense inferior comparable al de otras cuencas (DOUBINGER, 1974; SOPENA *et al.*, 1974; DOUBINGER y BAUROZ, 1979; VIRGILI *et al.*, 1979; CLAYTON *et al.*, 1977) tanto en la Península Ibérica como en otras europeas análogas.

El estudio de cuencas, con probable extensión reducida, plantea numerosos pro-

blemas, si se pretende realizar una reconstrucción detallada: a) la variedad composicional de los eventos magmáticos (basaltos, andesitas basálticas y anfibólicas, andesitas-dacitas, daci-riolitas, riolitas, con diferente composición mineral) situados por encima y debajo de los niveles con vida vegetal, b) la presencia de una ritmicidad pluriepisódica (Figs. 1 B, 1 D y 1 E) ó monoepisódica en el caso de Ojos Negros (Fig. 1 C), c) la variable naturaleza de los procesos magmáticos en los cuatro ejemplos coetaneidad de procesos, unos de índole magmática y otros con participación de procesos sedimentarios (arcos con variable composición en los clastos magmáticos en una misma cuenca, y/o en cuencas diversas) y, entre otros aspectos, f) la difícil asignación de criterios con capacidad identificadora de un mismo ambiente paleogeográfico.

Un estudio sedimentológico y petrológico detallado podrá facilitar una identificación, aproximada, sobre estos afloramientos, pero hace difícil, en nuestra opinión, establecer una correlación cronoestratigráfica precisa, tanto por parte de las cuencas pérmicas consideradas, como por la complejidad del magmatismo, durante el período considerado, en cuencas que presenta ciertas dispersión areal.

ESTUDIOS EN UNA CUENCA INDIVIDUALIZADA: SAUQUILLO DE ALCAZAR

Los estudios realizados en el sector de Reznos-Sauquillo de Alcázar-La Quiñonería (LAGO y POCOVI, 1988 b), combinando datos obtenidos en superficie (Figs. 1 A y 1 D y en cuatro perfiles (correspondientes a sondeos realizados por la J.E.N. en 1978, y facilitados por ENUSA), que han sido objeto de un estudio petrológico y geoquímico detallado (58 muestras analizadas: Fig. 3), facilitan estudiar la geometría de la cuenca y establecer un estudio completo sobre los procesos magmáticos intervinientes.

Los trabajos previos (MONROSE, 1968;

DESPARTMENT *et al.*, 1972; DE LA PEÑA *et al.*, 1977 a y b) han aportado una detallada comprensión sedimentológica sobre esta cuenca reducida y también acerca de los procesos diagenéticos posteriores. Los estudios realizados por nosotros están dirigidos a establecer la geometría de las manifestaciones magmáticas, con comprobada afinidad calco-alcalina, a escala de la cuenca considerada. El estudio, particular, sobre el comportamiento petrológico y geoquímico —desde los niveles basales hasta los ubicados al techo— será objeto de un trabajo posterior (LAGO *et al.*, en realización), puesto que excede los objetivos previstos.

En la Fig. 13 (a, b y c) se indican tres de los cinco perfiles estudiados hasta el momento (datos petrológicos y geoquímicos) y en la Fig. 14 exponemos la geometría establecida, para estos materiales, a partir de los seis perfiles disponibles.

Los resultados obtenidos (Fig. 14) permiten observar: a) un carácter pluriepisódico del magmatismo con variable intensidad desde el centro de la cuenca hacia su periferia, b) relativa sincronidad de los eventos para el límite Autuniense (establecido a partir de estudios en macro y microflora: DE LA PEÑA, 1977 a y b, y HORVATH, V., 1988 —com. pers.—), c) variaciones composicionales en los eventos magmáticos que, en general adoptan un carácter básico en la base y ácido al techo de la cuenca —Figs. 13 a, b y c—; d) fenómenos de interferencia de intrusiones con variación composicional (en la Fig. 1 D se observa una intrusión andesítica atravesando niveles más ácidos) y e) coetaneidad de las emisiones volcanoclásticas con la sedimentación de materiales erosionados próximos a la cuenca (fenómeno puesto de manifiesto por DE LA PEÑA *et al.*, 1977 a y b).

CONSIDERACIONES ESTABLECIDAS

El comprobado carácter cogenético, de naturaleza calco-alcalina, de este magmatismo

mo, para las manifestaciones hipovolcánicas y volcanoclásticas, corresponde a diversos eventos magmáticos con desarrollo situado en el período Autuniense basal (Pérmico inferior).

El estudio combinado, de varios perfiles de sondeos y afloramientos superficiales, en una cuenca individualizada (sector de Sauquillo de Alcázar), permite obtener una comprensión, acerca de la geometría de los diversos episodios magmáticos y sus respectivas relaciones temporales, mucho más detallada que la información obtenida en afloramientos de cuencas pérmicas diversas (volcanoclásticas), con deficientes condiciones de observación y una amplia dispersión areal, y también respecto a intrusiones hipovolcánicas calcoalcalinas.

En este sentido, el sector de Sauquillo de Alcázar representa un ejemplo de referencia (presencia de todas las litologías magmáticas, criterios stratigráficos, paleontológicos, y desarrollo de un magmatismo plu-

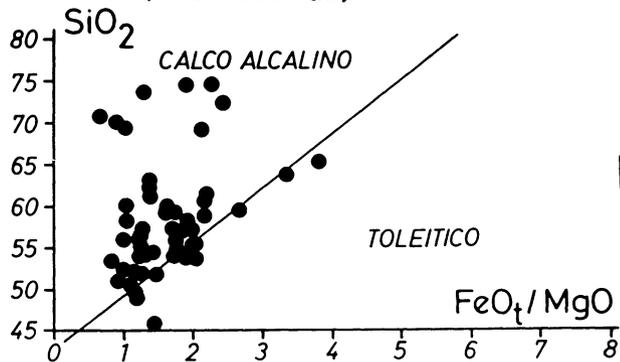
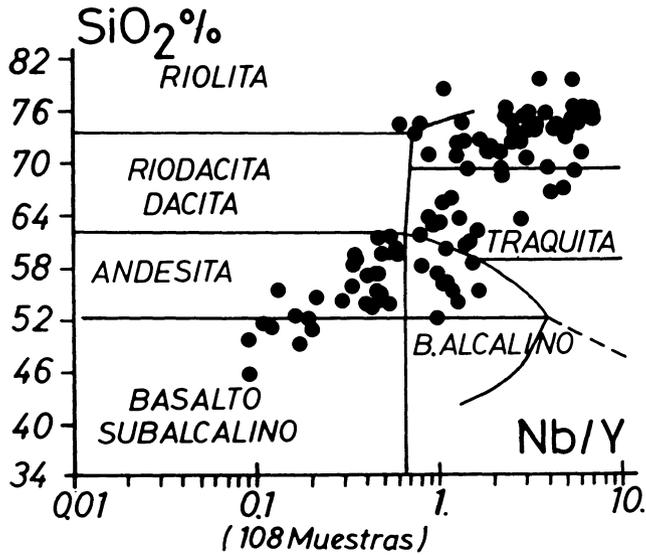
riepisódico contemporáneo a diversos procesos sedimentarios), para el estudio espacio-temporal de las diversas manifestaciones magmáticas análogas presentes en la Cadena Ibérica.

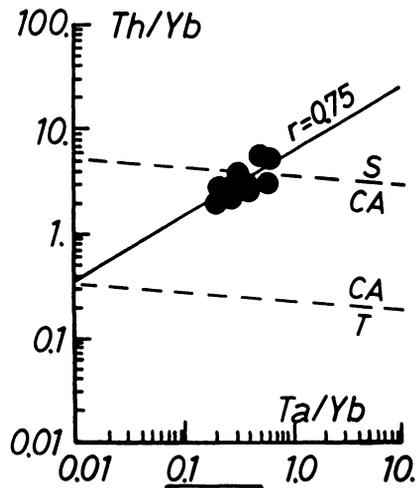
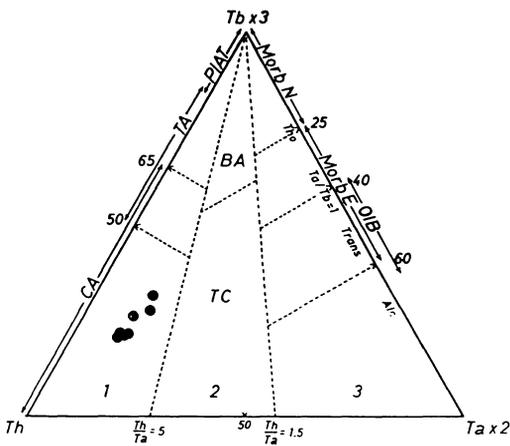
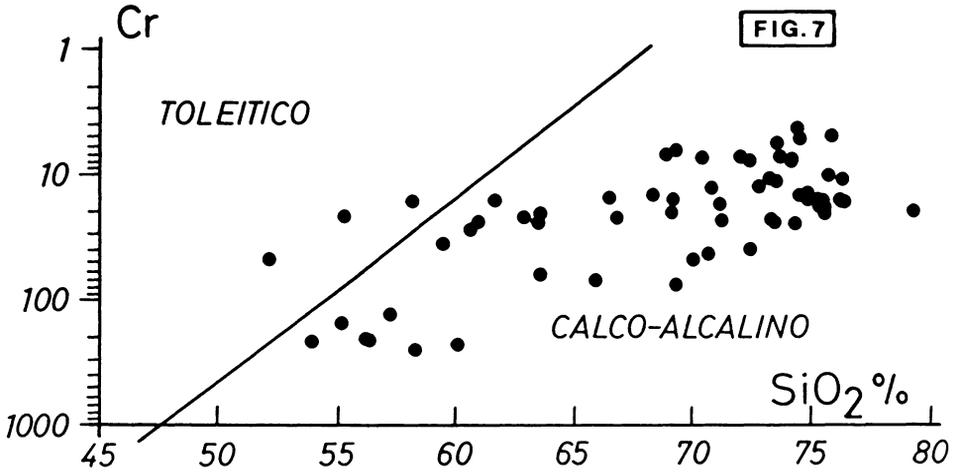
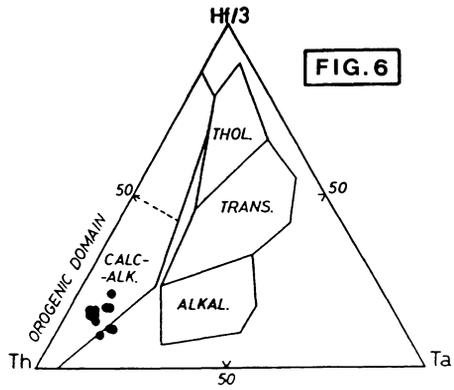
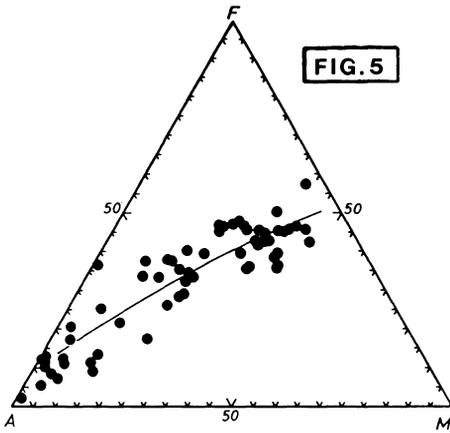
AGRADECIMIENTOS

A V. Gabaldón (ITGE, Madrid) por las facilidades para la difusión de datos, obtenidos por varios de los firmantes, en trabajos de cartografía geológica. A. V. Horvath (Enadimsa, Madrid), por los estudios en macro y microflora. A. L. Cortel (ENUSA, Madrid), por la excelente disponibilidad para el estudio de muestras y perfiles de sondeos realizados por la JEN, 1978. Este trabajo desarrolla objetivos previstos en los programas CB 10/90 (CAI-CONAI) y PB 89-0346 (DGICYT).

FIG. 2

	BASALTO	ANDESITA BASALTICA	ANDESITA ANFIBOLICA	DACI-ANDESITA	DACITA	RIOLITA
OLIVINO	Fo ₇₄₋₆₈	---				
O-PIROXENO	En ₇₅₋₅₄	En ₇₆ Wo ₃₅ Fs _{18.5}	---			
C-PIROXENO	En ₄₇₋₄₄	Fs _{9-13.3}	---			
PLAGIOCLASA	An ₈₆₋₆₀	An ₈₆₋₅₂ An ₂₇	An ₆₀₋₄₀	An ₃₀₋₁₂	An ₁₂	---
GRANATE			% Alman. 65-60 (xenocrystal)			(xe)
ANFIBOL			Hb Hb(mg:0.55-0.43)			
BIOTITA			(mg:0.53-0.48)			Ms/Bi
FELDPTO. K						
CUARZO						
TURMALINA			(xenocrystal)			---





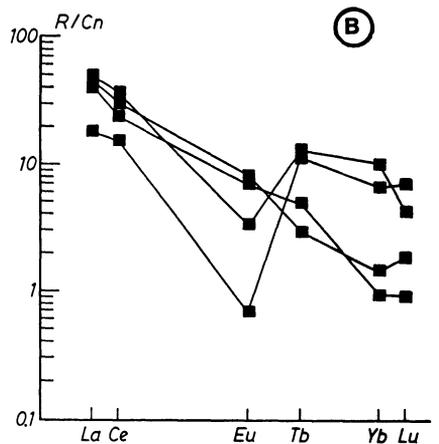
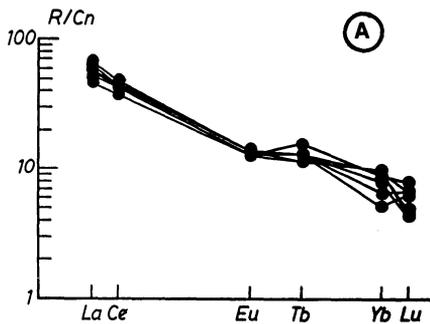
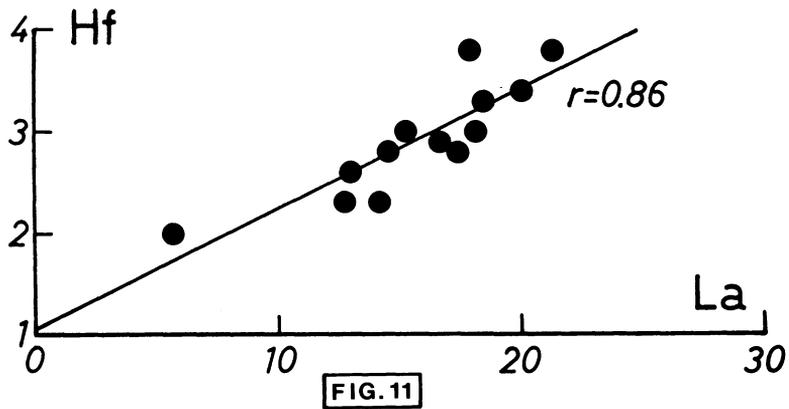
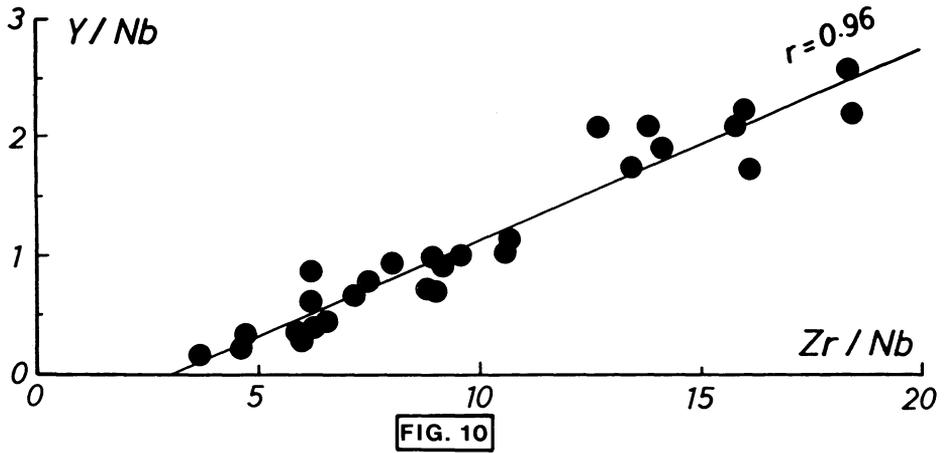


FIG. 12 - A (●): BASALTOS-ANDESITAS
 - B (■): RIOLITAS

BIBLIOGRAFIA

- ALVARO, M., CAPOTE, R. y VEGAS, R. (1979). Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica. *Acta Geol. Hispánica*, 14 (Home-natje a Lluís Solé i Sabarís): 172-177.
- APARICIO, A. y GARCIA-CACHO, L. (1984). Quimismo de los principales componentes minerales de las rocas volcánicas paleozoicas del área de Atienza (Provincia de Guadalajara). *Bol. Geol. Min.* T. XCV-I, 80-89.
- ARCHE, A., RAMOS, A. y SOPEÑA, A. (1983). El Pérmico de la Cordillera Ibérica y bordes del Sistema Central. *X.º Congr. Intern. Estratigraf. Geol. Carbonífero*, IGME, Madrid, 421-436.
- AUQUE, L. F. (1986). Las rocas volcánicas de Noguera de Albarracín (Teruel) y sus enclaves metamórficos. *Tesis Licenciatura*, Universidad de Zaragoza, 315 pp.
- AUQUE, L. F., SANCHEZ CELA, V. y APARICIO, A. (1987). Enclaves con Espinela-Corindón-Sillimanita en rocas andesítico-dacíticas (Noguera, Sierra de Albarracín, Teruel). *Est. Geológicas*, 43, 139-147.
- BAMBO, C., LAGO, M., TORRES, J. A., POCOVI, A., VAQUER, R., ZACHMANN, D. y CARLS, P. (1989). Petrology, geochemistry, and setting conditions of the Stephano-Permian calcalkaline magmatism of «Sierra de Albarracín» and «Ojos Negros» zones (Teruel and Guadalajara, Spain). *Terra Abstracts*, 1, 283.
- BOUROZ, A. y DOUBINGER, J. (1977). Report on the Stephanian-Autunian boundary and on the concepts of Upper Stephanian and Autunian in their stratotypes. In: HÖLUB, V. M. & WAGNER, R. H. (Eds.). *Symposium on Carboniferous Stratigraphy (Praha)*, 147-169.
- CAPOTE, R., DIAZ, M., GABALDON, V., GOMEZ, J. J., SANCHEZ DE LA TORRE, L., RUIZ, P., ROSSEL, J., SOPEÑA, A. y YEBENES, A. (1982). Evolución sedimentológica y tectónica del ciclo alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. *Temas Geológicos Misioneros*, IGME, Vol. V, Tomos I y II, 390 pp.
- CAPOTE, R. y GONZALEZ LODEIRO, F. (1983). La estructura herciniana en los afloramientos paleozoicos de la Cordillera Ibérica. En: *Geología de España. Libro Jubilar J. M. Ríos*, t. I. IGME, Madrid, 513-529.
- CLAYTON, G., COQUEL, R., DOUBINGER, J., GUEINN, K. J., LOBOZIAK, S., OWENS, B. y STREEL, M. (1977). Carboniferous miospores of western Europe: illustration and zonation. *Meded. Rijks. geol. dienst.*, Vol. 29, 1-71.
- 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. y LAGO, M. (1985a). Características geoquímicas del magmatismo del área de la Depresión del Cámaras y sector N del Anticlinal de Montalbán (Zaragoza-Teruel). *I Congreso de Geoquímica de España, (Soria)*, Vol. Resúmenes, 135.
- CONTE, J. C. y LAGO, M. (1985b). El magmatismo de la Depresión del Cámaras y sector N del Anticlinal de Montalbán: caracteres geológicos, petrológicos y geoquímicos. *II.º Coloq. Estratigraf. Paleogeograf. Pérmico y Triásico España. (Seo de Urgel)*, Vol. Resúmenes, 35-36.
- 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*, Vol. XCVIII-IV, 460-470.
- DE LA PEÑA, J. A., FONOLLA, F., RAMOS, J. L. y MARFIL, R. (1977a). Identificación del Autuniano en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Provincia de Soria). *Cuad. Geol. Ibérica*, Vol. 4, 123-134.
- DE LA PEÑA, J. A., MARFIL, R. y GARCIA PALACIOS, M. C. (1977b). Un ejemplo de depósito volcanoclástico antiguo: su procedencia y evolución diagenética. *Estudios Geol.*, Vol. 33, 485-496.
- DESPARMET, R., MONROSE, H. y SCHMITZ, U. (1972). Zur alterstellung der Eruptiv-Gesteine un Tuffite im Nordteil der Westlichen-Iberischen Ketten (NE-Spanien). *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, Vol. 24, 3-16.
- DOUBINGER, J. (1974). Etudes palynologiques dans l'Autunien. *Rev. Paleobot. and Palynol.*, Vol. 17, 21-38.
- DOUBINGER, J. y ELSASS, PH. (1979). Le bassin permo-carbonifère d'Autun. *Bull. Soc. Hist. Nat. Autum.*, Vol. 91, 9-25.
- HOFFMAN, P., DEWEY, J. F. y BURKE, K. (1974). Aulacogens and their genetic relation to geosynclines, with a Proterozoic example from Great Slave Lake, Canada. *Soc. Econ. Pal. Mineral. Spec. Publ.*, vol. 19, 38-55.
- LAGO, M. y POCOVI, A. (1987a). Le vulcanisme calco-alcalin d'âge Stephanien-Permien dans la Chaîne Ibérique (Est de l'Espagne): Geologie et Petrologie. Reun. S.F.M.C. «Paleovolcanisme» (París). In: *Supplément au Bull. Mineralogie*, t. 110-2, 42.
- LAGO, M. y VAQUER, R. (1987b). Le vulcanisme calco-alcalin d'âge Stephanien-Permien dans la Chaîne Ibérique (Est de l'Espagne): Caractéristiques geoquímiques. Reun. S.F.M.C. «Paleovolcanisme» (París). In: *Supplément au Bull. Mineralogie*, t. 110-2, 42.
- LAGO, M., VAQUER, R. y POCOVI, A. (1987c). Comportamiento de elementos traza en el magma-

- tismo calco-alcalino de la Cadena Ibérica. II.º *Congr. Geol. España (Soria)*. Vol. Resúmenes, 211-214.
- LAGO, M., ENRIQUE, P., POCOVI, A. y VAQUER, R. (1987d). Occurrence and characteristics of granitoid xenoliths in calc alkaline dykes of a Variscan Massif of the Iberian Chain (NE Spain). Conf. «Granites and their surroundings» (Verbania). In: *Soc. Ital. Miner. e Petrologia*. Suplemento N.º 59, 118.
- LAGO, M. y CONTE, J. C. (1987e). Petrología (Magmatismo) en la Hoja MAGNA n.º 439 (AZUARA). IGTE 1989.
- LAGO, M. y CONTE, J. C. (1987f). Petrología y Geoquímica (Magmatismo) en la Hoja MAGNA n.º 466 (MOYUELA). ITGE 1989.
- LAGO, M. y POCOVI, A. (1987g). Rocas Igneas en la Hoja n.º 40 (DAROCA). ITGE (en prensa).
- LAGO, M., ZACHMANN, D., POCOVI, A. y VAQUER, R. (1988a). Petrology and geochemistry of magmatic manifestations in Montalbán-Anticlinal structure (Teruel, Spain). II.º *Congr. Geol. España (Granada)*, Vol. 2, 35-38.
- LAGO, M., POCOVI, A., VAQUER, R. y ZACHMANN, D. (1988b). Petrology and geochemistry of the calc-alkaline magmatism Stephanian-Permian in the «Rama Aragonesa» of the Iberian Chain. X.ª *Reun. Geol. Oeste Peninsular (Bragança, Portugal)*, Vol. Resúm. Contrib. Esp., 27.
- LAGO, M., TORRES, J. A. y POCOVI, A. (1988c). Características del emplazamiento, composición petrológica y geoquímica del magmatismo calco-alcalino (Stephaniense-pérmico) del Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). X.ª *Reun. Geol. Miner. N.W. Peninsular (Sada-O Castro)*. Vol. Resúm., Lab. Xeolóxico de Laxe, 46-49.
- LAGO, M. y POCOVI, A. (1988d). Petrología (Magmatismo) en la Hoja MAGNA n.º 380 (BOROBIA). ITGE (en prensa).
- LAGO, M., POCOVI, A., CONTE, J. C., CARLS, P., ZACHMANN, D., VAQUER, R., TORRES, J. A. y BAMBO, C. (1989a). The calc-alkaline magmatism of the «Río Cámaras Axial Depression zone» (North-East Iberian Chain, Spain): petrology, geochemistry, age and setting conditions. Int: *Terra Abstracts*, Vol. 1, n.º 1, 286.
- LAGO, M., AMIGO, J. M., TORRES, J. A., BAMBO, C., HIDALGO, M. A. y POCOVI, A. (1989b). Características composicionales y geotermométricas de piroxenos en rocas calco-alcalinas, Stephaniense-Pérmico, del sector de Loscos y el Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, Vol. 12 (1), 59-60.
- LAGO, M., TORRES, J. A., BAMBO, C., HIDALGO, M. A. y POCOVI, A. (1989c). Características composicionales de xenocristales de granates en rocas calco-alcalinas, Stephaniense-Pérmico, del sector de la Depresión axial del Cámaras y el Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, Vol. 12 (1), 61-62.
- LAGO, M., POCOVI, A., TORRES, J. A., AUQUE, L. F., VAQUER, R., CARLS, P. y ZACHMANN, D. (1990a). Multi-episodic calc-alkaline magmatism (Stephano-Permian age) in the Iberian Chain. In: *6th Meeting Europ. Geol. Societies (Lisboa)*, Vol. Resúm., 43.
- LAGO, M., TORRES, J. A., AUQUE, L. F., MANDADO, J. y VAQUER, R. (1990b). Emplacement and composition features of granitic and metamorphic xenoliths in Stephanian-Permian calc-alkaline andesites (Rama Aragonesa, Iberian Chain). *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, Vol. 13-1, 152-153.
- MATEO LAZARO, J. (1987). Estudio geológico del sector Tobed-Codos-Mainar (Cadenas Ibéricas orientales). Petrología de los materiales paleozoicos. *Tesis Licenciatura*, Universidad de Zaragoza, 297 pp.
- MONROSE, H. (1968). Reconnaissance géologique de la région de Reznos (Soria) et de Torrelapaja (Saragosse), Espagne. *Dipl. Arb.*, Bordeaux, 82 pp.
- MUNOZ, M., ANCOCHEA, E., SAGREDO, J., DE LA PEÑA, J. A., HERNAN, F., BRANDLE, J. L. y MARFIL, R. (1985). Vulcanismo permo-carbonífero de la Cordillera Ibérica. C. R. X.º *Congr. Int. Strat. Geol. du Carbonifère*, (Madrid, 1983). IGME. Vol. 3, 27-51.
- SOPENA, A., DOUBINGER, J. y VIRGILI, C. (1974). El Pérmico inferior del Tamajón, Retiendas, Valdesoto y Tortuero (Borde S Sistema Central). *Tecniterrae*, n.º 1, 8-16.
- SOPENA, A., LOPEZ, J., ARCHE, A., PEREZ-ARLUCEA, M., RAMOS, A., VIRGILI, C. y HERNANDEZ, S. (1988). Permian and Triassic Rift basins of the Iberian Peninsula. In MANSPEIZER, W. (Ed.): *Triassic-Jurassic Rifting and the opening of the Atlantic Ocean*. part B, chapter 31, 757-786. Elsevier, Amsterdam.
- 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. de Madrid, 320 p.
- TEJERO, R. y CAPOTE, R. (1987). La deformación Hercínica en los macizos paleozoicos nororientales de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geol.*, Vol. 43, 425-434.
- TORRES, J. A. (1989). Estudio petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial del magmatismo calco-alcalino, Stephaniense-Pérmico, en el Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *Tesis de Licenciatura*, Universidad de Zaragoza, 528 pp.
- TORRES, J. A., LAGO, M., POCOVI, A., VAQUER, R., ZACHMANN, D., CARLS, P. y BAMBO, C. (1989a). Forms of emplacement, petrological features and geochemical composition of the Stephano-Permian calc-alkaline magmatism of

- Montalbán Area (Teruel, Spain). In: *Terra Abstracts*, Vol. 1, n.º 1, 288.
- TORRES, J. A., LAGO, M. y POCOVI, A. (1989b). Modalidades de emplazamiento de intrusiones calco-alcalinas, Stephaniense-Pérmicas, en el sector Norte del Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *Geogaceta*, 6, 43-46.
- TORRES, J. A., LAGO, M., POCOVI, A. y CARLS, P. (1989c). Relación entre el emplazamiento de intrusiones, calco-alcalinas y Stephano-Pérmicas, y el régimen de deformación del Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *XI.ª Reun. Geol. Min. NW Peninsular (Sada-O Castro)*. Vol. Resúmenes, Lab. Xeolóxico de Laxe, 16-18.
- TORRES, J. A., LAGO, M., BAMBO, C., POCOVI, A., VAQUER, R. y ZACHMANN, R. (1989d). The calc-alkaline magmatism of the Hercynian belt in the East of the Iberian Massif (Iberian Range, Spain). In: *28th Intern. Geol. Congress (Washington)*; *Abstracts* vol. 3 of 3, 3-504 a 3-505.
- TORRES, J. A., LAGO, M., POCOVI, A. y CARLS, P. (1990). Caracteres geológicos del magmatismo calco-alcalino, Stephaniense-Pérmico, en el Anticlinal de Montalbán (Provincia de Teruel). *Teruel*, Vol. 81, tomo I (en prensa).
- VILCHEZ, J. F. (1984). Rasgos geológicos y estructurales de la Unidad de Herrera (Cadena Ibérica). *Tesis de Licenciatura*, Universidad de Zaragoza.
- VIRGILI, C., SOPEÑA, A., RAMOS, A., HERNAN-DO, S. y ARCHE, A. (1980). El Pérmico en España. *Rev. Esp. Micropaleontología*, Vol. 12, 2, 255-262.
- VIRGILI, C. (1983). Consideraciones finales. In: MARTINEZ, C. (Ed.): *Carbonífero y Pérmico de España*, IGME, Madrid, 483-489.

Recibido, 21-III-91

Aceptado, 30-IV-91

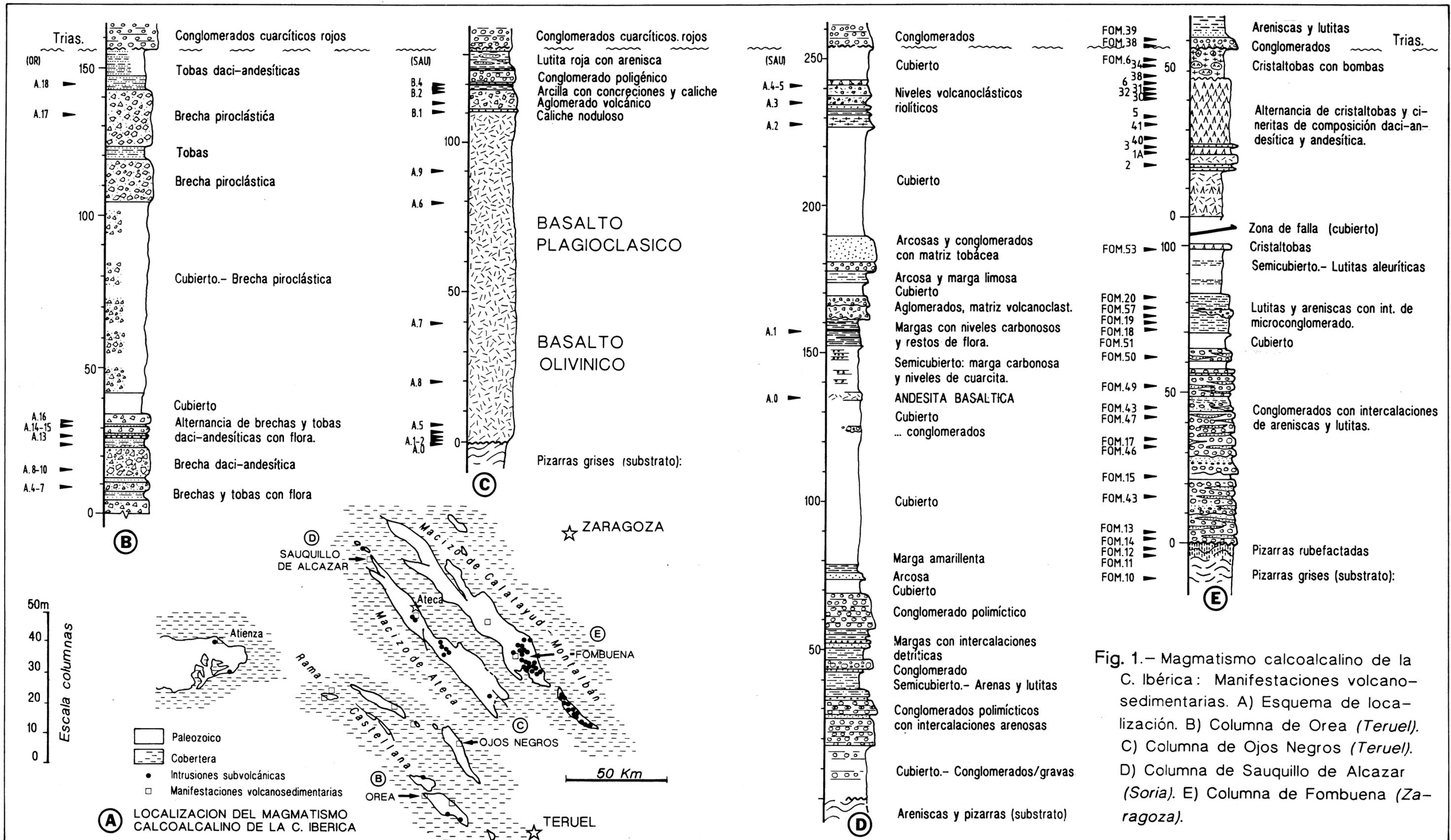
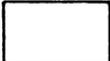
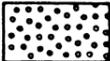
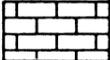
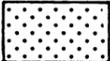
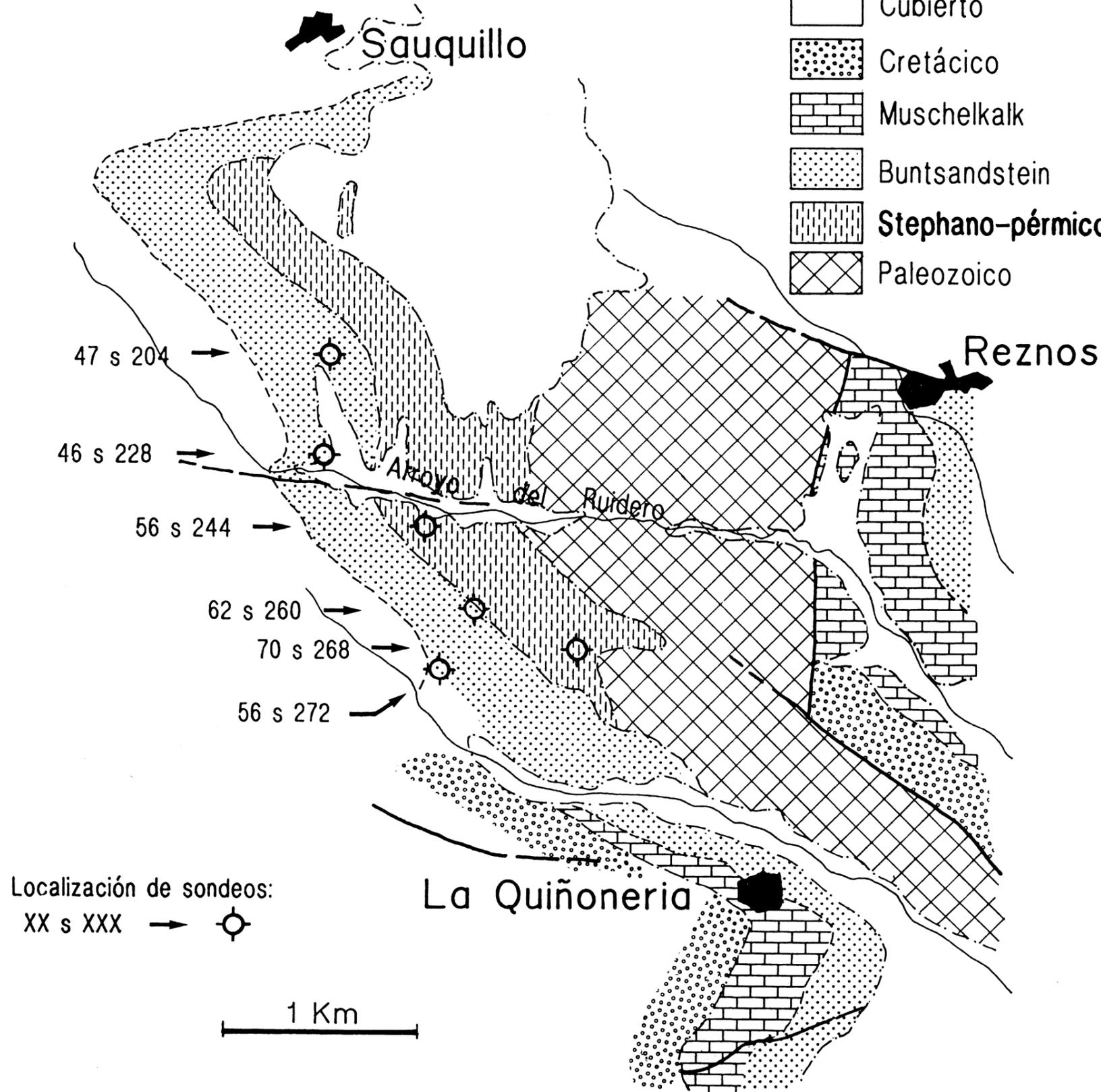


Fig. 1.- Magmatismo calcoalcalino de la C. Ibérica: Manifestaciones volcanosedimentarias. A) Esquema de localización. B) Columna de Orea (Teruel). C) Columna de Ojos Negros (Teruel). D) Columna de Sauquillo de Alcazar (Soria). E) Columna de Fombuena (Zaragoza).

Fig. 13. Cartografía y "logs" de sondeos

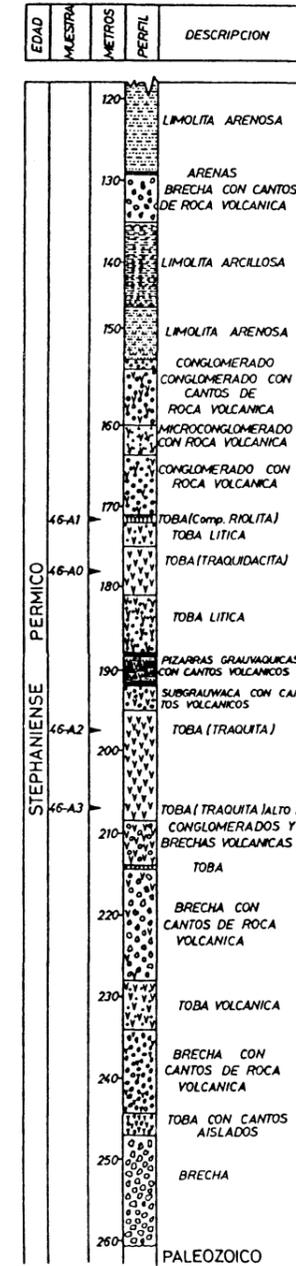
-  Cubierto
-  Cretácico
-  Muschelkalk
-  Buntsandstein
-  Stephano-pérmico
-  Paleozoico



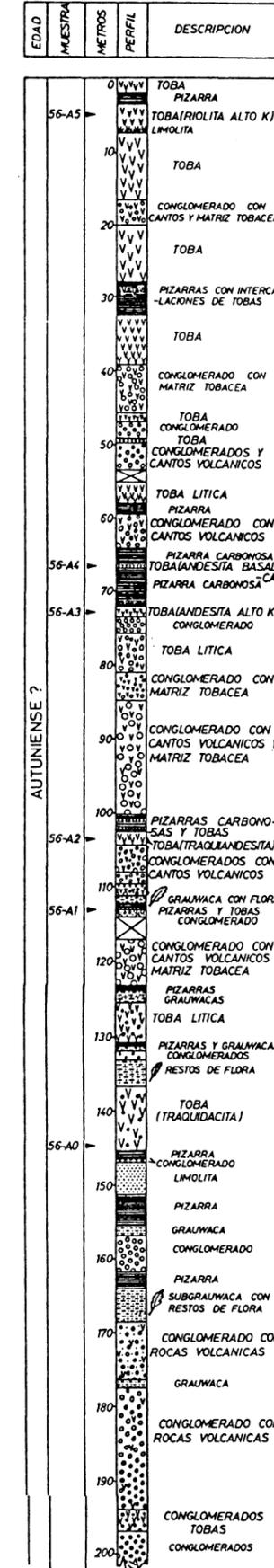
Localización de sondeos:

XX s XXX → 

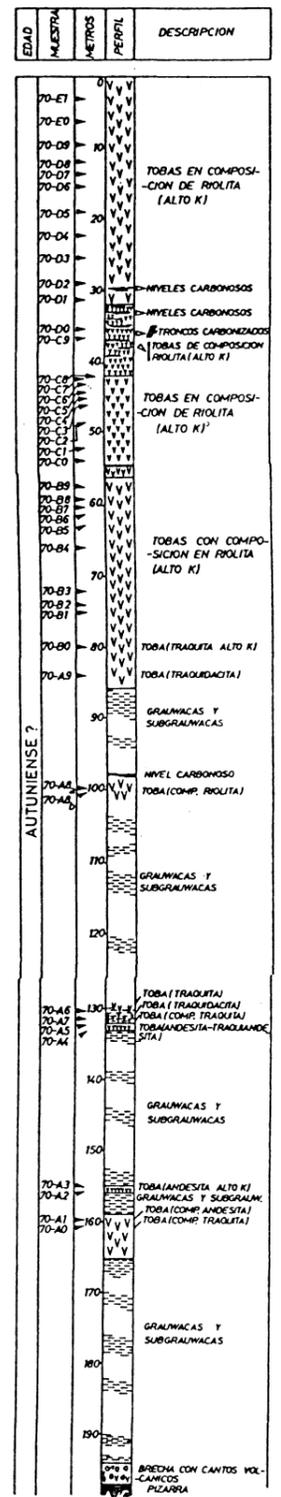
1 Km



46 s 228



56 s 244



70 s 268

Fig. 14.- Correlación de los sondeos.

