

ASPECTOS ESTRUCTURALES Y PETROLÓGICOS DEL VULCANISMO NEÓGENO EN LA PARTE ORIENTAL DE LA SIERRA ALMAGRERA (CORDILLERAS BÉTICAS ORIENTALES)

F. ÁLVAREZ

Dpto. Geología. Universidad de Salamanca. 37008, Salamanca

RESUMEN.—En la parte de la Sierra Almagrera, situada al E. de la Cordillera Bética, existen unos pequeños afloramientos de rocas volcánicas que aparecen encajados, en forma de «sills» y diques, en esquistos pertenecientes al Complejo Nevado-Filábride. Su distribución está relacionada con la de los sistemas de fracturación de dirección N10°-30°E y N40°-60°E producidos por la tectónica transpresiva que tuvo lugar en la región durante el neógeno.

La naturaleza de las lavas es calco-alcalina potásica, shoshonítica y, en menor proporción, ultrapotásica. Su inyección está relacionada con el primer período magmático neógeno del SE. de España cuya edad se estima como Mioceno Superior.

SUMMARY.—In the eastern part of the Sierra Almagrera, situated to the east of the Betic Mountain range, there are small outcrops of volcanic rocks that are encased in the form of sills and dykes in schists belonging to the Nevado-Filábride Complex. Their distribution is related to that of the fracturation systems trending N10°-30°E and N40°-60°E produced by the transpressive tectonics that occurred in this region during the Neogene.

The nature of the lava is potassic calc-alkaline, shoshonitic and, to a lesser extent, ultrapotassic. Their injection is related to the first Neogene magmatic period of the south of Spain; the age of this magmatic activity is supposed to be Upper Miocene.

1. INTRODUCCIÓN

La Sierra Almagrera, situada en la parte oriental de las Cordilleras Béticas, está constituida en su mayor parte por esquistos oscuros y cuarcitas paleozóicas de la Unidad del Lomo de Bas y, en menor medida, por materiales pelíticos y carbonatados triásicos de la Unidad del Ramonete que reposan sobre los anteriores en la parte noroccidental de la sierra (Fig. 1). Estas unidades, definidas

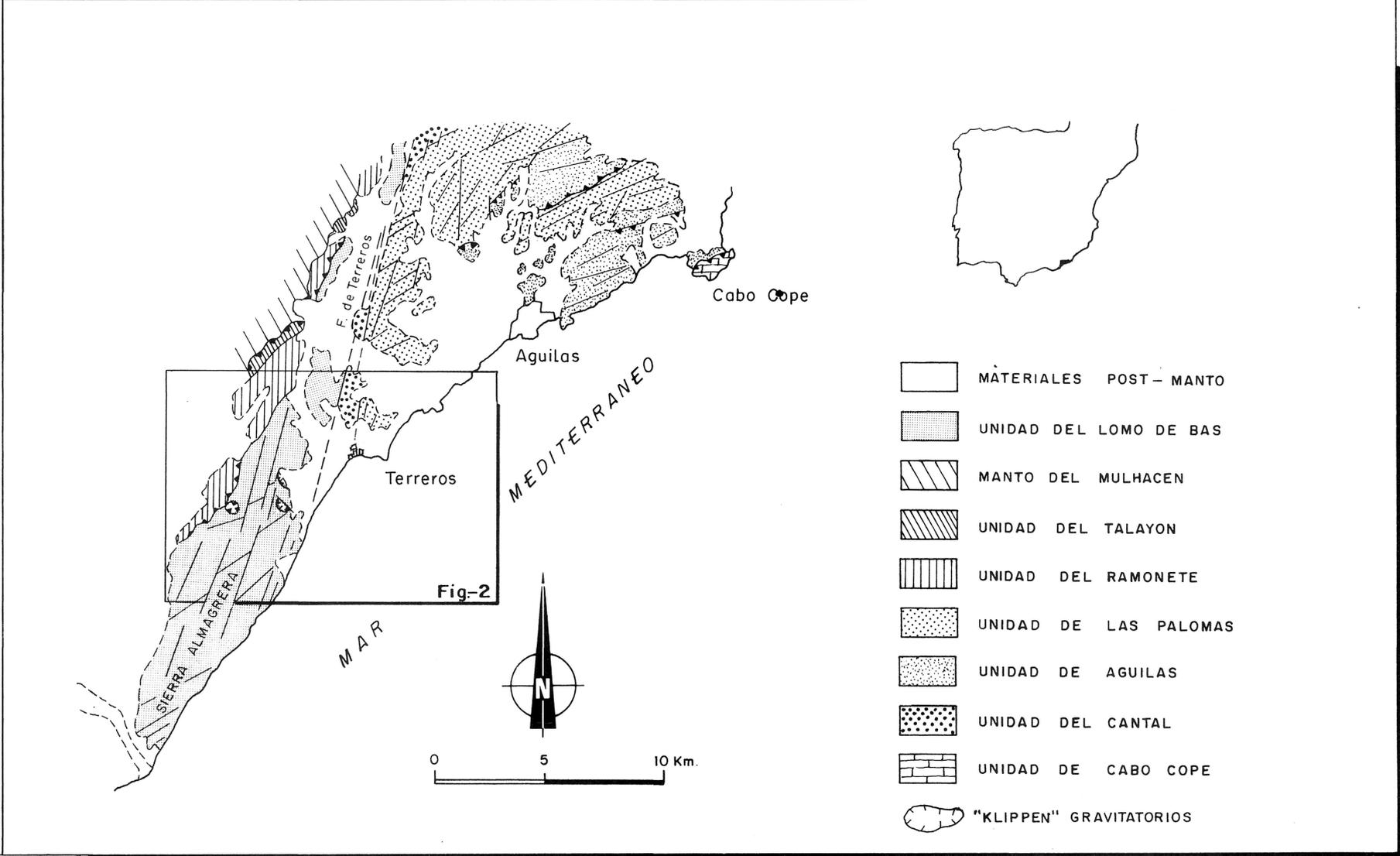


FIG. 1. Situación geográfica y esquema geológico de la Sierra Almagrera.

por ÁLVAREZ (1984) y descritas posteriormente de forma más detallada por ÁLVAREZ y ALDAYA (1985) y ÁLVAREZ (1987), pertenecen a los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride respectivamente.

En la parte suroriental de la misma se encuentran algunas manifestaciones del vulcanismo neógeno que caracteriza a la región comprendida entre Cabo de Gata y el Mar Menor y que da lugar a los grandes afloramientos volcánicos que rodean la sierra, como los que se extienden desde Sierra Almenara hasta Mazarrón y los que aparecen, más al Oeste, en la región de Vera y el Valle del Almanzora que han sido estudiados por diversos autores (LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1980; LÓPEZ RUIZ *et al.*, 1984; OTT D'ESTEVOU y MONTENAT, 1985; MONTENAT *et al.*, 1987; LAROUZIER *et al.*, 1987 y 1988) (Fig. 3). La importancia de estas manifestaciones en la Sierra Almagrera no es excesiva desde el punto de vista cuantitativo pero sí tienen interés desde el punto de vista estructural y petrológico.

Teniendo en cuenta el contexto estructural, podemos distinguir dos grupos de afloramientos.

En el primer grupo incluimos aquellos en los que las rocas ígneas aparecen junto a sedimentos pliocenos en las proximidades de Terreros, al E de la Sierra Almagrera (Fig. 2). Tal es el caso de un cuerpo volcánico de naturaleza andesítica que aflora en la parte oriental del acantilado sobre el que se asienta el Castillo de Terreros y en un pequeño islote situado enfrente del mismo. Asimismo, un poco más al NE, en la parte inferior del acantilado situado en la parte oriental de la playa de Cuatro Calas, se observan unas alternancias de niveles cineríticos de color gris claro con brechas de bloques andesíticos oscuros. En ambos casos, sobre las rocas volcánicas reposan discordantes las areniscas y margas del Plioceno, lo que indica una edad previa para las mismas.

En el segundo grupo incluimos los afloramientos que existen en la parte oriental de la Sierra Almagrera, cerca de la localidad de Pozo del Esparto, en los cuales las rocas ígneas aparecen como diques y «sills» entre los esquistos oscuros de la Unidad del Lomo de Bas y muestran claramente sus relaciones estructurales con el encajante. Por otra parte, el interés que desde el punto de vista estructural tiene la caracterización y datación de estas rocas, reside en el hecho de que son anteriores al emplazamiento gravitatorio de algunos pequeños «klippen» de materiales carbonatados triásicos que aparecen en ese sector (Fig. 2) y, en consecuencia, su edad es orientativa para la datación de dichos deslizamientos. Por todo ello, el presente estudio se ha centrado particularmente en este segundo grupo de afloramientos, intentando establecer una correlación petrológica de sus rocas con las del resto de la provincia volcánica del SE de España, y enmarcar su emplazamiento dentro del contexto estructural de la región.

2. ASPECTOS ESTRUCTURALES

La Sierra Almagrera está surcada por dos sistemas de fracturas subverticales con componente de desgarre cuyas direcciones son N40°-60°E y N10°-30°E

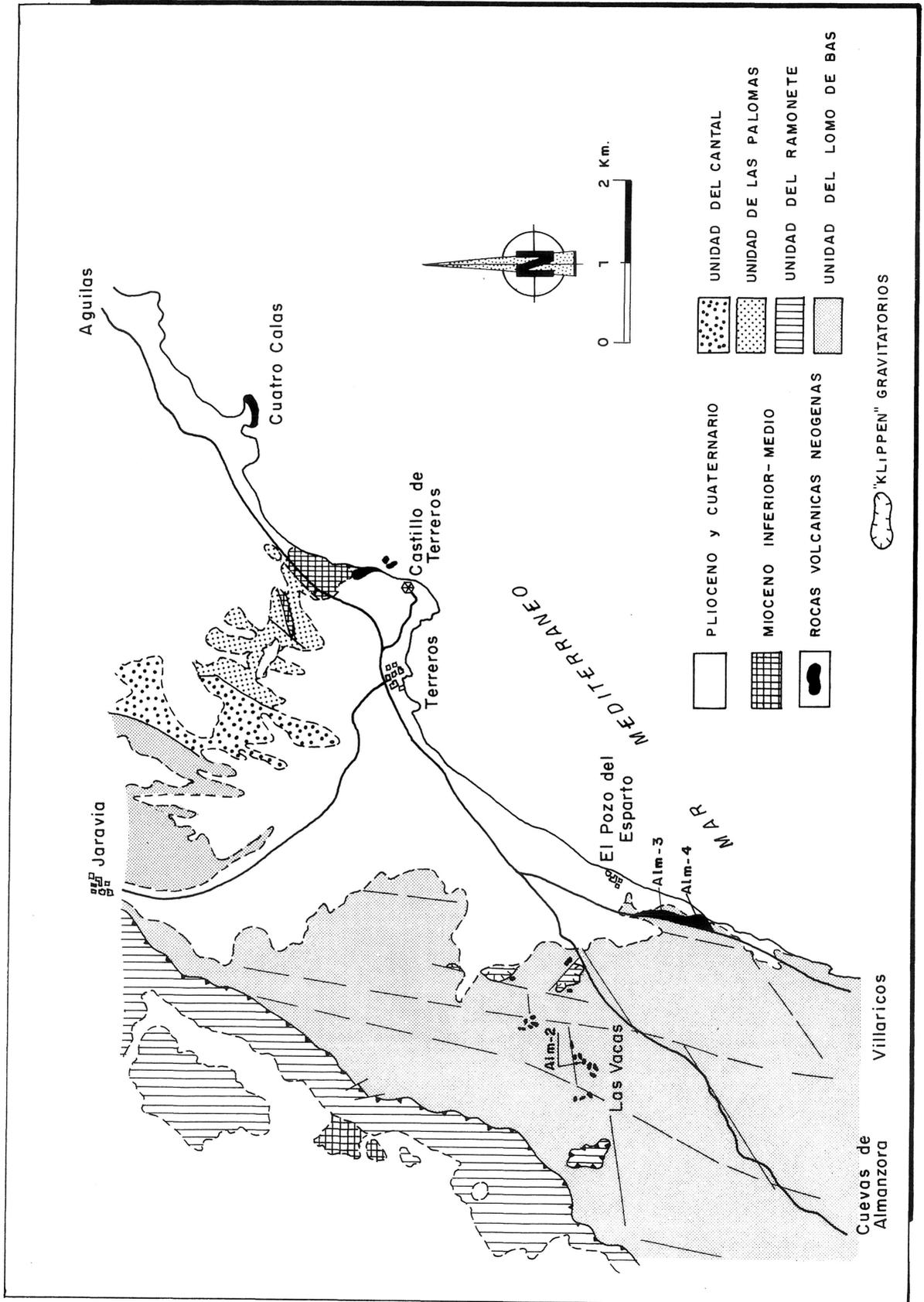


FIG. 2. Distribución de los afloramientos de rocas volcánicas en la parte oriental de la Sierra Almagra y en las proximidades de Terreros. Asimismo, se señala la localización de los muestreos.

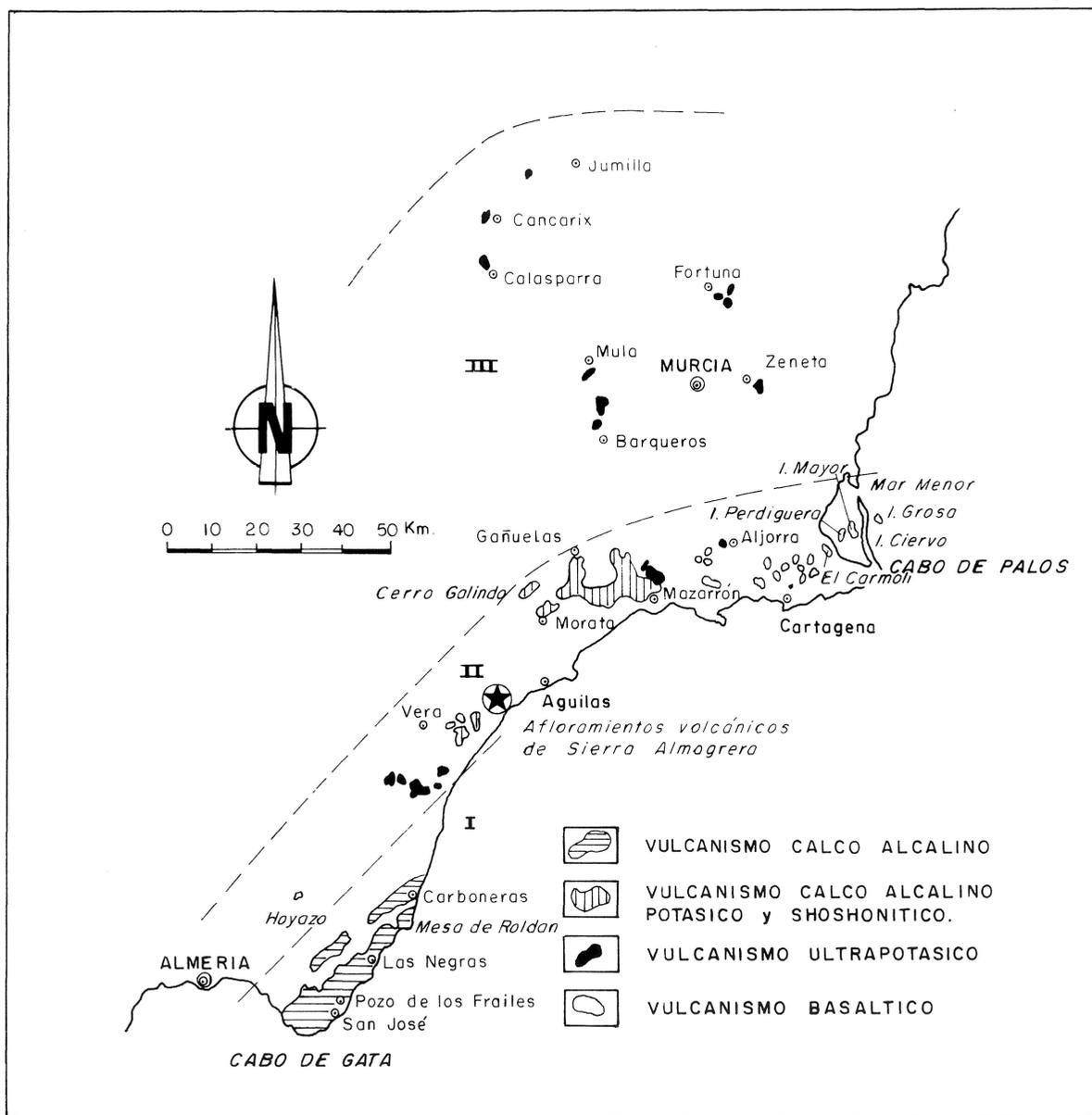


FIG. 3. Manifestaciones volcánicas neógenas en el SE de España y distribución de los diferentes tipos de rocas existentes según LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (1980). El asterisco señala la posición de los afloramientos volcánicos de la Sierra Almagrera.

(ÁLVAREZ Y ALDAYA, 1985; ÁLVAREZ, 1987) (Fig. 1). El primero es aproximadamente paralelo al Sistema de Alborán (LE PICHON *et al.*, 1972; OLIVET *et al.*, 1973; BOUSQUET, 1979) y tiene un funcionamiento dextro. El segundo grupo de fracturas, tardío con respecto al anterior, es correlacionable con el Sistema de Palomares (VOLK, 1967; BOUSQUET *et al.*, 1975; BOUSQUET, 1979; WEIJERMARS, 1985) y tiene un funcionamiento senestro muy importante que, en conjunto, desplaza el bloque oriental unos 40 km. hacia el N y ocasiona el arqueamiento regional de las estructuras. Una de estas fallas, la que limita al E la Sierra Almagrera, denominada Falla de Terreros por ÁLVAREZ Y ALDAYA (1985) (Fig. 1), produce por sí sola un desplazamiento senestro de 10 a 15 km.

La disposición, funcionamiento y edad relativa de estos accidentes sugieren un cambio de orientación de los esfuerzos comprensivos durante las etapas transpresivas neógenas (ver ÁLVAREZ, 1987). En los primeros episodios de la comprensión fini-serravalliense, el acortamiento se produciría aproximadamente según una orientación WNW-ENE, dando lugar al funcionamiento dextro de las fracturas N40°-60°E que, en algunos casos, se comportan también como fallas inversas. Posteriormente, durante el Tortoniense, la compresión se situaría en torno a la dirección N170°E, ocasionando la creación y desarrollo del sistema senestro N10°-30°E.

Como se pone de manifiesto en la cartografía hay una estrecha relación entre la fracturación y la distribución de los afloramientos volcánicos de la Sierra Almagrera. De este modo las rocas ígneas se concentran preferentemente a lo largo de fracturas N10°-30°E y son particularmente abundantes en la zona de intersección de ambos sistemas. Esto evidencia un fuerte control estructural de la tectónica transcurrente neógena sobre el vulcanismo, proporcionándole zonas de debilidad por las que efectuar el ascenso.

Los cuerpos ígneos se presentan en forma de diques y «sills» de unos pocos metros de espesor, que se distinguen fácilmente en los esquistos por el color crema o rojizo que adquieren debido a su alteración. Los diques son subverticales y llevan direcciones paralelas a los sistemas de fallas antes señalados. Los «sills» son subparalelos a la esquistosidad principal de los esquistos y su orientación es variable.

En los límites de estos cuerpos y como consecuencia de su emplazamiento, la roca encajante, con una fábrica esquistosa previa, aparece deformada y brechificada; en ocasiones, algunos fragmentos de ésta pueden quedar incluidos dentro de la masa de roca ígnea que en ningún caso muestra esquistosidad.

Los afloramientos mayores se sitúan junto a la carretera nueva que une el Pozo del Esparto con Villaricos, aunque, en el sector de Las Vacas, existen otros de menor tamaño pero muy numerosos (Fig. 2). Es precisamente en este sector en el que se localizan algunos pequeños «klippen» de calizas y dolomías triásicas de la Unidad del Ramonete que se superponen a los cuerpos volcánicos y a los esquistos del encajante, mostrando en el contacto una harina de falla de espesor decimétrico desarrollada esencialmente a partir de los materiales del autóctono, lo que evidencia el carácter tectónico y tardío de la superposición.

3. ASPECTOS PETROLÓGICOS

Se trata de rocas de naturaleza intermedia que, al microscopio, presentan una textura porfídica, a veces fluidal, con una matriz que varía de vítrea hipocristalina. Los minerales principales que se reconocen son plagioclasa, sanidina, biotita y, ocasionalmente, piroxeno.

Teniendo en cuenta que los caracteres petrográficos no son diagnóstico suficiente para la clasificación rigurosa de este tipo de rocas, se han realizado además análisis químicos de elementos mayores de algunas muestras con el fin de poder relacionarlas con los episodios magmáticos definidos por LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (1980) para la región volcánica suroriental española. Las muestras analizadas se han recogido en tres afloramientos: Alm-2, Alm-3 y Alm-4, cuya situación se refleja en la Figura 1 y que han sido escogidos por su representatividad y por la menor alteración de sus rocas. Los análisis han sido realizados por el Dr. Fernando Bea mediante espectrofotometría de absorción atómica y sus resultados se muestran en la Figura 4.

	ALM-2	ALM-3	ALM-4
SiO ₂	60.41	63.52	65.02
TiO ₂	0.65	0.57	0.61
Al ₂ O ₃	15.24	15.21	15.12
Fe ₂ O ₃	1.04	1.46	0.74
FeO	3.17	2.09	2.75
MgO	2.23	1.85	1.75
MnO	0.10	0.09	0.27
CaO	3.95	3.41	2.73
Na ₂ O	1.89	1.48	2.01
K ₂ O	5.86	6.66	6.60
P ₂ O ₅	0.31	0.32	0.33
H ₂ O	4.82	3.25	1.86
TOTAL	98.67	99.85	99.79

FIG. 4. Análisis químicos de elementos mayores de las rocas volcánicas neógenas de Sierra Almagrera.

Como puede observarse, todas tienen concentraciones relativamente altas de K_2O , que aumentan en proporción directa con el contenido en sílice, peculiaridad ésta que es característica de las rocas shoshoníticas de esta región (LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1980). Su composición química proyectada en un triángulo AFM coincide plenamente con los puntos obtenidos para este tipo de rocas por los autores anteriormente citados (Fig. 5).

No obstante conviene señalar que la relación K_2O/Na_2O que presentan las muestras analizadas es algo más elevado de lo normal y que, por ello, se sitúan en el límite entre el grupo de las rocas shoshoníticas y el de las ultrapotásicas. Esta relación, junto con el contenido de K_2O frente al de SiO_2 , son de gran importancia en la clasificación de este tipo de rocas (TAYLOR, 1969; JAKES y WHITE, 1972; MACKINZIE y CHAPPEL, 1972; LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1980).

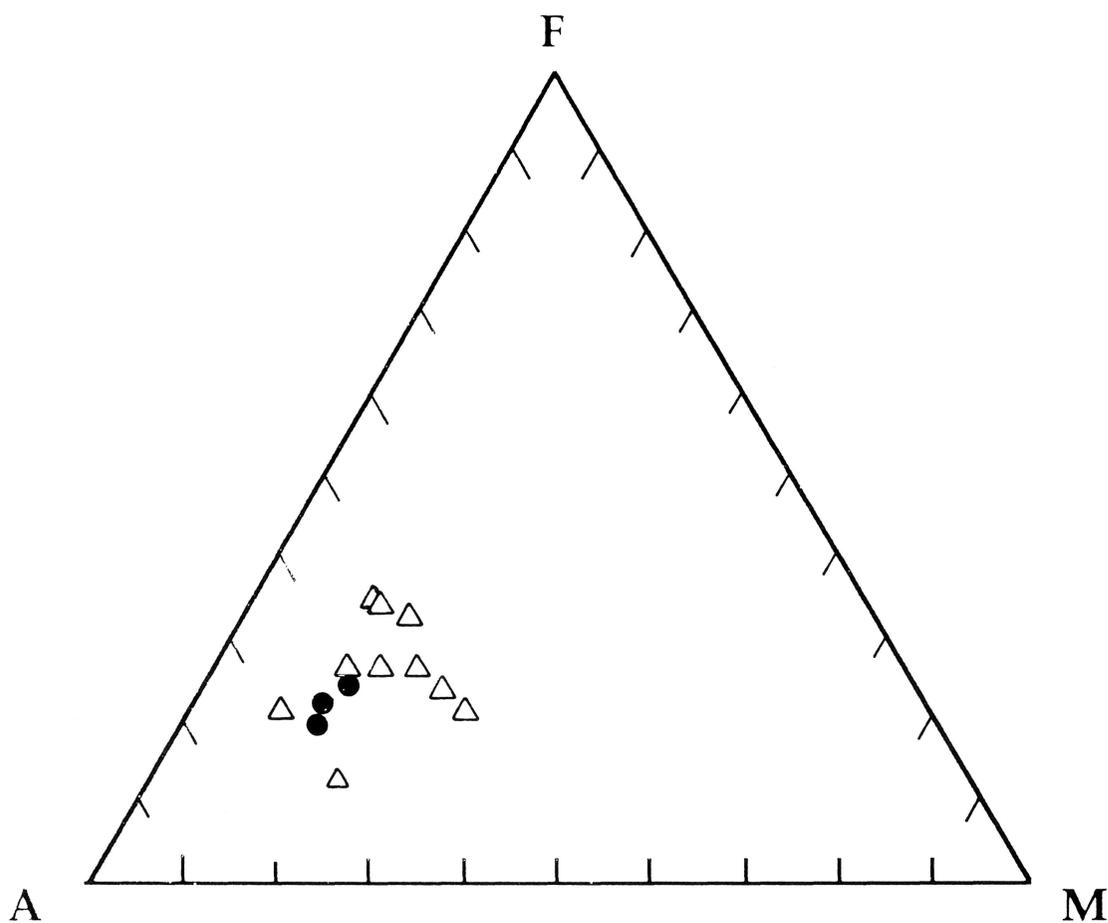


FIG. 5. Diagrama AFM en el que se representan los resultados de los análisis de las rocas volcánicas de Sierra Almagrera (puntos negros), junto con los obtenidos por LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (1980) para las rocas shoshoníticas del SE de España.

Según esta última relación, las muestras de los tres afloramientos analizados se sitúan prácticamente en el límite entre ambos grupos de rocas (Fig. 6) pudiendo clasificarse como banakitas y toscanitas respectivamente las de los afloramientos Alm-2 y Alm-4. Las del afloramiento Alm-3, que por su mayor contenido en K_2O podrían ser clasificadas dentro del grupo de rocas ultrapotásicas, presentan sin embargo una mayor afinidad con las rocas shoshoníticas por cuanto su contenido en MgO , análogo al de las otras muestras, es más acorde con el que presentan normalmente este tipo de rocas en el SE de España que con el que es habitual en las rocas ultrapotásicas.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1980, el vulcanismo del SE de España se ha originado en dos períodos. Las rocas del primer período presentan un progresivo enriquecimiento en K_2O hacia el N, a medida que disminuye la edad de los mismos. De este modo, en el sector del Cabo de Gata aparecerían las lavas más antiguas de naturaleza calco-alcalina s.s. Más al N, en el sector Hoyazo-Mazarrón-Cartagena, se manifiesta un vulcanismo calco-alcalino potásico, shoshonítico y, en menor medida, ultrapotásico, cuyas series de rocas aparecen muchas veces íntimamente ligadas, dificultando su delimitación. Al N de este sector, y finalizando este ciclo magmático, se encuentran únicamente rocas volcánicas de naturaleza ultrapotásica, buena parte de las cuales son más jóvenes que las anteriores citadas. Después de un tiempo de inactividad, cifrado en unos 2 m.a. comienza, durante el Plioceno, el segundo período volcánico, mucho menos intenso, cuyas únicas manifestaciones son los afloramientos de basaltos alcalinos que existen entre Mazarrón y Cartagena (Fig. 3).

Dentro de este esquema, las rocas ígneas descritas en este trabajo corresponderían por su naturaleza la primer período magmático y, según las determinaciones geocronológicas establecidas por BELLON y BROUSE (1977) y BELLON y LETOUZEY (1977) para las series volcánicas neógenas del SE de España mediante dataciones K-Ar (Fig. 7), podemos suponer verosímilmente que su emplazamiento se habría efectuado durante el Mioceno Superior. Esta edad es acorde con la del funcionamiento principal de los sistemas de fracturación antes señalados y sobre todo con el de dirección $N10^{\circ}-30^{\circ}E$ el cual, a partir del Tortonense, como consecuencia de una tectónica transpresiva, produce un desplazamiento considerable del bloque oriental hacia el N y la formación de cuencas neógenas alargadas de dirección submeridiana a ambos lados de la Sierra Almagrera (ÁLVAREZ, 1987; LAROUZIER *et al.*, 1987). Esta disposición estructural está en consonancia con una situación comprensiva durante el Tortonense en la dirección N-S que lleva asociada una componente extensiva ortogonal, tal y como ha sido puesto de manifiesto por numerosos autores para el SE de España (OTT D'ESTOUVOU y MONTENAT, 1985; LAROUZIER *et al.*, 1987 y 1988; MONTENAT *et al.*, 1987).

Sin embargo, según MARTÍN ESCORZA y LÓPEZ RUIZ (1988), este modelo no proporciona una relación genética satisfactoria entre los mecanismos tectó-

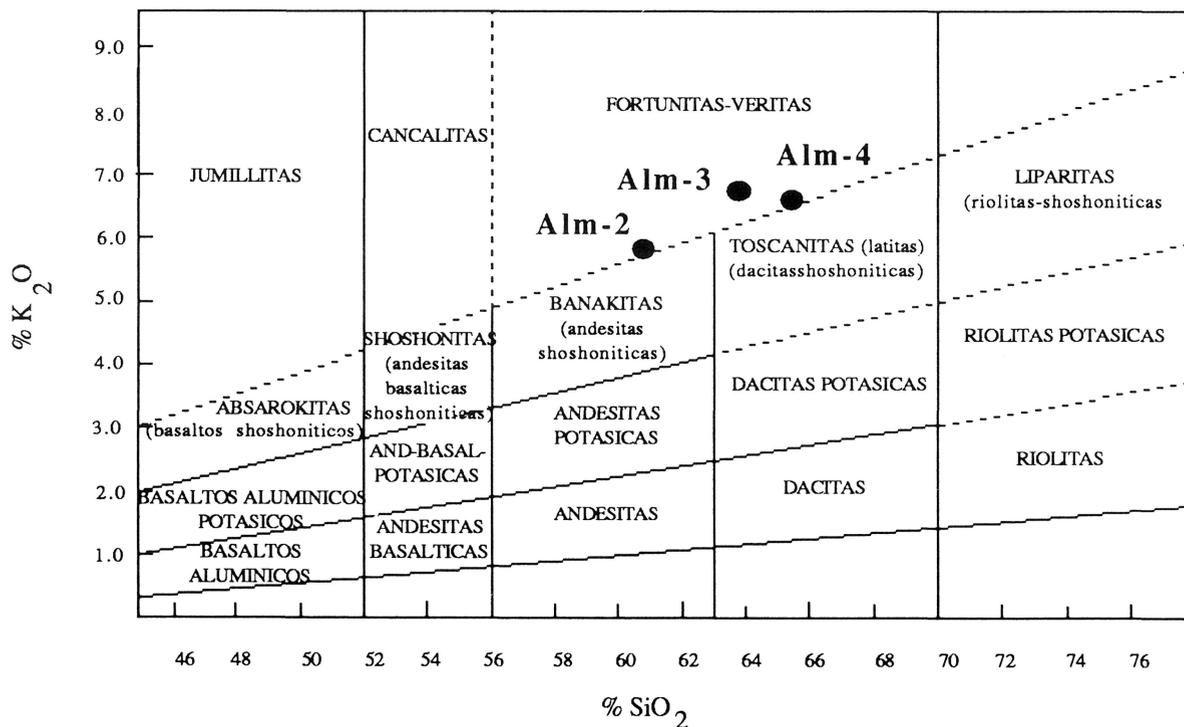


FIG. 6. Clasificación y nomenclatura utilizadas por LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (1908) para las rocas volcánicas de SE de España. Los puntos negros corresponden a los afloramientos de rocas volcánicas analizados.

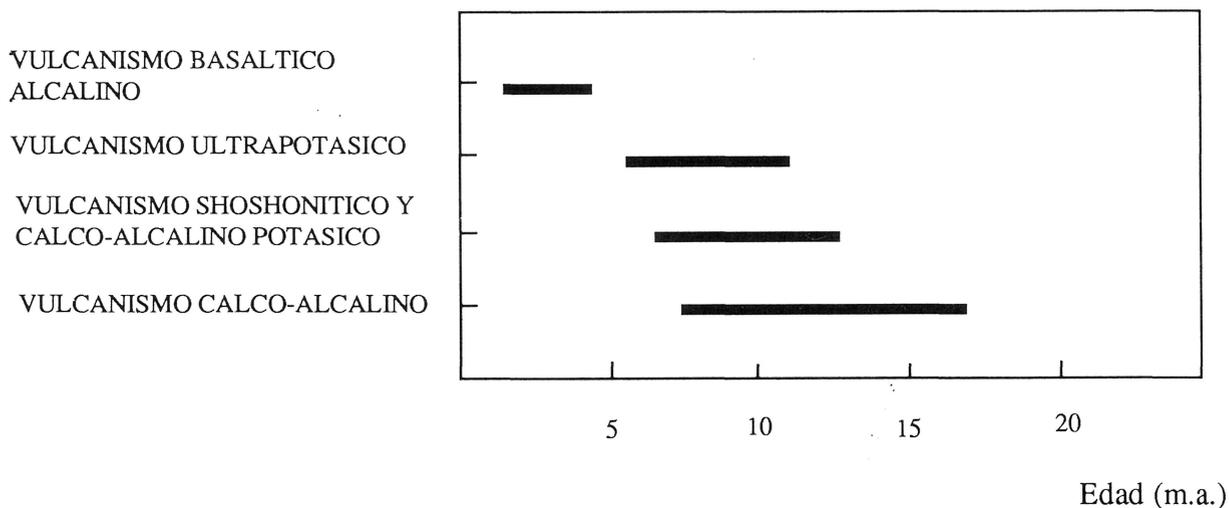


FIG. 7. Edad de las diferentes rocas volcánicas del SE de España, según las determinaciones geocronológicas de BELLON y BROUSE (1977) y BELLON y LETOUZEY (1977). (Tomado de LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1980).

nicos y el vulcanismo. Estos autores proponen otro en el que el vulcanismo estaría ligado a un funcionamiento frágil dextro de las fracturas de dirección N10°-30°E (Falla de Palomares), posterior al funcionamiento senestro dúctil y frágil-dúctil antes señalado, que crearía «zonas de dilatación» de dirección E-W susceptibles de ser utilizadas para el ascenso de los magmas. A este respecto hay que indicar que, si bien los datos petrológicos aportados por estos autores encuadran bien en el modelo que proponen, no existen por el momento datos estructurales que corroboren un funcionamiento dextro importante para estas fallas.

En cualquier caso, la relación temporal entre la tectónica transcurrente y el vulcanismo en la Sierra Almagrera se pone de manifiesto, además, por la concentración de afloramientos ígneos en la zona de confluencia del sistema N10°-30° con el sistema N40°-60°E.

Por último, es interesante destacar que, en función de la edad estimada para el vulcanismo de la Sierra Almagrera, se pueden datar los deslizamientos gravitatorios de materiales triásicos que se observan en la parte oriental de la misma fosilizando a los cuerpos volcánicos, como Mioceno superior o posterior.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, F. (1984): Las Unidades Alpujárrides y Nevado-Filábrides en el Sector Águilas-Mazarrón (Cordilleras Béticas Orientales). In: *El borde mediterráneo español: Evolución del Orogeno Bético y geodinámica de las depresiones neógenas*. Granada, pp. 30-32.
- ÁLVAREZ, F. (1987): *La Tectónica de la zona Bética en la región de Águilas*. Tesis Doctoral Univ. Salamanca, 371 pp.
- ÁLVAREZ, F. y ALDAYA, F. (1985): Las Unidades de la Zona Bética en la región de Águilas-Mazarrón (Prov. de Murcia). *Estudios Geol.*, 41, 139-146.
- BELLON, H. y LETOUZEY, J. (1977): Volcanism related to plate-tectonic in the western and eastern Mediterranean. In: *Int. Sym. Structural Hist. Mediterranean basins*. (Biju-Duval, B. y Montadert, L., edit.) Ed. Technip, Paris, pp. 165-184.
- BELLON, H. y BROUSE, R. (1977): Le magmatisme périmediterranéen occidentale. Essai de synthèse. *Bull. Soc. Geol. France*, 19, 469-480.
- BOUSQUET, J. C. (1979): Quaternary strike-slip faults in southeastern Spain. *Tectonophysics*, 52, 277-286.
- BOUSQUET, J. C., DUMAS, B. y MONTENAT, C. (1975): Le décrochement de Palomares: décrochement quaternaire senestre du bassin de Vera (Cordillères bétiques orientales. Espagne). *Cuad. Geol. Granada*, 6, 113-119.
- JAKES, P. y WHITE, A. J. R. (1972): Major and trace element abundances in volcanic rocks of orogenic areas. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 83: 29-40.
- LAROUZIER, F. D., BOLZE, J., BORDET, P., HERNÁNDEZ, J., MONTENAT, C. y OTT d'ESTEROU, Ph. (1987). The Betic segment of the lithospheric Tranes-Alboran shear during the Late Miocene. *Tectonophysics*, 152, 41-52.
- LAROUZIER, F. D., MONTENAT, C., OTT d'ESTEROU, Ph. y GRIVEAUD, Ph. (1987): Evolution simultanée de bassins néogènes en compression et en extension dans un couloir de décrochement: Hinojar et Mazarrón (Sud-Est de l'Espagne). *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquit.*, 11, 23-38.

- LE PICHON, X., PAUTOT, G. y WEIL, J. P. (1972): Opening of the Alboran sea. *Nature*, 236, 67, 83-85.
- LÓPEZ-RUIZ, J. y RODRÍGUEZ-BADIOLA, E. (1980): La región volcánica del Suresta de España. *Estudios Geol.*, 36, 5-63.
- MACKENZIE, D. E. y CHAPPELL, B. W. (1972): Shoshonitic and calc-alkaline lavas from the Highlands of Papua, New Guinea. *Contr. Min. Petrol.*, 35, 50-62.
- MARTÍN ESCORZA, C. y LÓPEZ RUIZ, J. (1988): Un modelo geodinámico para el volcanismo neógeno del Sureste Ibérico. *Estudios Geol.*, 44, 243-251.
- MONTENAT, C., OTT D'ESTEVOU, Ph. y MASSE, P. (1987): Tectonic sedimentary characters of the betic neogene basins evolving in a crustal transcurrent shear zone (SE Spain). *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquit.*, 11, 1-22.
- OLIVET, J. L., AUZENDE, J. M. y BONNIN, J. (1973): Structure et evolution tectonique du bassin d'Alboran. *Bull. Soc. Géol. France*, 15, 108-112.
- TAYLOR, S. R. (1969): Trace element chemistry of andesites and associated calc-alkaline rocks. In: Proc. Andesites Conf. (McBirney, A. R., edit.). *Bull. Departm. Geol. Miner. Ind. Univ. Oregon*, 65, 43-63.
- VEEKEN, P. C. H. (1983): Stratigraphy of the Neogene-Quaternary Pulpi basin, provinces Murcia and Almeria (SE Spain). *Geol. Mijnb.*, 62, 255-265.
- VOLK, H. (1966): *Zur Geologie und Stratigraphie des Neogenbeckens von Vera*. Thesis, Univ. Amsterdam, 160 pp.
- WEIJERMARS (1985): Uplift and subsidence history of the Alboran Basin and a profile of the Alboran Diapir (W. Mediterranean). *Geol. Mijnb.*, 64, 349-356.

(Presentado el 8-febrero-1990)

(Aceptado el 30-mayo-1990)