



Fig. 4.—Números referidos a la leyenda de la figura 1.

— Fracturación distensiva en tres sistemas: E-W, N 135 E y N 65 E. Esta tectónica de fractura se puede manifestar tanto por modificaciones del glacis, con generación de escarpes de falla de 10 m de altura (ver fig. 4.III), como por la aparición de discordancias progresivas en los bloques hundidos de la falla, y en las cuales se encuentran claramente implicados los depósitos de la Unidad Expansiva Terminal (ver fig. 4.II). Aparte, la gran dispersión de buzamientos (ver fig. 3), entre 10 y 50 grados, ayuda a entender la importancia que localmente pueden presentar los mecanismos de basculamiento.

Referencias

- Sanz de Galdeano, C. (1983): *Estudios Geol.*, 39, 157-165.
 Soria Rodríguez, F. J. (1986): Tesis Licenciatura. Univ. Granada.
 Soria Rodríguez, F. J. (en prensa): *Paleontología i evol. Mem.*, esp. 2.

Recibido el 30 de septiembre de 1988
 Aceptado el 10 de octubre de 1988

Edad de las formaciones travertínicas del flanco meridional de la Sierra de Mijas (provincia de Málaga, Cordilleras Béticas)

J. J. Durán. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 46, 10 A-B. 28003 Madrid.
 R. Grün. The Godwin Laboratory. Cambridge University. Free School Lane. Cambridge CB2 3RS.
 J. M. Soria. Instituto Geológico y Minero de España. Cristóbal Bordiú, 35, 10-A. 28003 Madrid.

ABSTRACT

Three masses of travertines located on the southern flank of the Sierra de Mijas (Betic Cordillera) have been dated by absolute dating methods: E.S.R. and Uranium Series (Th-U). The results relates the age of travertines with their height above the present sea level. Paleoclimatics, hydrogeologicals and neotectonics explications are analized.

Durán, J. J.; Grün, R. y Soria, J. M. (1988): Edad de las formaciones travertínicas del flanco meridional de la Sierra de Mijas (provincia de Málaga, Cordilleras Béticas). *Geogaceta*, 5, 61-63.

Key words: Travertines, absolute dating, E.S.R. method, Uranium Series, Betic Cordillera.

Introducción

La Sierra de Mijas constituye una elevación montañosa bien independizada geomorfológicamente de direc-

ción E-W, situada al oeste de la ciudad de Málaga. En líneas generales responde a una estructura antiforme configurada en materiales carbonatados metamórficos, rodeada por litolo-

gías menos resistentes a la erosión. En sus bordes, sobre todo en los flancos norte, sur y este, se localizan diversas masas travertínicas de entidad variable, en relación con sedi-

mentos pliocuaternarios. En este trabajo se ofrecen los primeros datos geocronológicos absolutos de los travertinos de la vertiente meridional de la Sierra.

Marco geológico

La Sierra de Mijas ha sido tradicionalmente incluida en la denominada «Unidad de Blanca», atribuida por Blumenthal (1949) al Complejo Alpujarride y considerada por otros autores (Egeler y Simon, 1969) como perteneciente al Complejo Nevado-Filábride. De cualquier manera, sus características litoestratigráficas son comunes con el tramo triásico carbonatado de las series alpujarrides, constituyendo una potente secuencia de litologías calizo-dolomíticas, con diverso grado de metamorfismo.

Estructuralmente se encuentra independizada de su prolongación hacia el W (Sierra Blanca) por una cuña peridotítica. Los bordes norte y este están jalonados por materiales marinos pliocenos y cuaternarios continentales, ambos discordantes; estos últimos presentan facies y morfologías de abanicos aluviales, en ocasiones afectados por movimientos neotectónicos recientes (fracturas normales de dirección E-W), ya detectados por Lhenaff (1981). El flanco sur está limitado tectónicamente por materiales metapelíticos alpujarrides, que sellan hidrogeológicamente el acuífero kárstico que representan los mármoles de la

Sierra de Mijas. Es precisamente a favor de este contacto donde se sitúan *grosso modo* las masas travertínicas estudiadas, en relación con el funcionamiento paleohidrogeológico, subactual y aún actual del acuífero.

Las formaciones travertínicas

Han sido localizadas tres masas principales de travertinos en el flanco meridional de la Sierra, que sirven de asiento a las localidades de Mijas, Benalmádena y Torremolinos. Las dos primeras se disponen discordantes directamente sobre el sustrato metamórfico, a cotas aproximadas de 400-430 m.s.n.m. y 220-250 m.s.n.m., respectivamente. El edificio travertínico de Torremolinos, el más importante de todos en cuanto a extensión, se halla por el contrario íntimamente relacionado con otros sedimentos de edad pliocuaternaria, afectados por deformaciones recientes (Lhenaff, 1966); la cota del afloramiento abarca entre los 80 m.s.n.m. y el nivel del mar actual. Es interesante resaltar que esta masa travertínica se encuentra espacialmente conectada con las surgencias actuales más importantes del macizo: los manantiales de Torremolinos, de 450 l/s de caudal.

Metodología utilizada. Resultados

Se han muestreado las tres masas travertínicas y analizadas las muestras

obtenidas por dos métodos de datación absoluta: el denominado *Electron Spin Resonance* (E.S.R.) y las Series de Uranio. El E.S.R. tiene validez temporal muy aceptable hasta un millón de años B.P., mientras que las Series de Uranio sólo alcanzan hasta aproximadamente 350.000 años B.P.

Las muestras analizadas por este último método procedentes de Mijas y Benalmádena han ofrecido relaciones isotópicas indicadoras de anomalías de uranio, por lo que los resultados no han sido considerados.

Los resultados de los análisis y su interpretación cronológica se muestran en las tablas 1 y 2. Como puede observarse, los travertinos más antiguos son los de Mijas, con una edad de 217.000 ($\pm 15/20\%$) años B.P.; los de Benalmádena apuntan una edad comprendida entre 86.300 y 109.000 ($\pm 15/20\%$) años B.P.; por último, los de Torremolinos ofrecen fechas por E.S.R. en torno a los 25.300-26.500 ($\pm 15/20$ años B.P., confirmadas por las Series de Uranio (27.300 ± 1.700 años B.P.).

Discusión

Los resultados de las dataciones realizadas sugieren fuertemente connotaciones paleoclimáticas; así, por ejemplo, los travertinos de Mijas se depositaron durante el estadio isotópico 7 de Shackleton and Opdyke (1973), que representa un período cálido interstadial, dentro de la glaciación

Tabla 1.—Datos analíticos de las muestras analizadas por el método E.S.R.

Localidad	Muestra	AD (Gy)	U-conc.	²³⁴ U/ ²³⁸ U	α -efic.	Ext. DR	Edad
Mijas	65-2	58,0	50	1,9	0,34	210	217,0
Benalmádena	67.1a	2.300	1,2	0,34	266	97,2	
Benalmádena	67.1b	157,0	2.650	1,2	0,34	266	86,3
Benalmádena	67.2	61,2	460	1,2	0,34	266	109,0
Torremolinos	68.1a	11,8	630	1,2	0,34	200	26,5
Torremolinos	68.1b	10,3	540	1,2	0,34	200	25,3

Explicación: AD: Dosis acumulada, en Grays. U-conc.: Concentración de uranio, en ppb. α -efic.: Eficiencia alfa. Ext. DR: Tasa anual de dosis gamma externa, en mGrays/año; la edad viene expresada en ka (miles de años) (error $\pm 15/20\%$).

Métodos analíticos utilizados: Para la concentración de uranio, activación neutrónica; para la relación ²³⁴U/²³⁸U, espectrometría alfa; para la Tasa anual de dosis gamma externa, dosímetro de termoluminiscencia.

Tabla 2.—Datos analíticos de la muestra analizada por Series de uranio

Localidad	Muestra	²³⁴ U/ ²³⁸ U	²³⁰ Th/ ²³⁴ U	²³⁰ Th/ ²³² Th	Edad
Torremolinos	68,1	1.102 \pm 0,047	0,223 \pm 0,012	103,3 \pm 66,8	27,3 \pm 1,7

Edad: en ka (miles de años).

«Rissienne». También los travertinos de Benalmádena se generaron en una etapa de mejora climática: el estadio isotópico 5, que representa en terminología alpina el interglacial Riss-Würm. En cuanto a los travertinos de Torremolinos se encuadran dentro de la glaciación Würmiense, coincidiendo con uno de los máximos en la distribución frecuencial de travertinos en la Península Ibérica, situado, según Durán *et al.* (1988), entre 20 y 30 ka.

También, como puede advertirse fácilmente, existe una relación clara entre altura de las masas de travertinos y su edad. De igual manera parece que la cota de los afloramientos tobáceos coincide con los niveles piezométricos medios de los compartimentos hidrogeológicos detectados

en el acuífero (Zona de Mijas, 400 m.s.n.m.; Zona de Alhaurín de la Torre-Benalmádena, 150-200 m.s.n.m.; Zona de Torremolinos, 60-80 m.s.n.m.) (IGME, 1983), que parecen indicar la existencia de barreras de naturaleza estructural. Esto mismo sugiere la presencia de actividad neotectónica detectada en ambos flancos de la Sierra de Mijas y que podría explicar a la vez el escalonamiento de edificios travertínicos de edades más modernas a menor cota y la compartimentación hidrogeológica del acuífero.

Referencias

Blumenthal, M. M. (1949): *Bol. Ins. Geol. Min. España*, LXII, 17-203.

Durán, J. J.; Grün, R. y Soria, J. M. (1988): *II Cong. Geol. de España*, Comunicaciones, 1, 383-386.

Egeler, C. G. y Simón, O. J. (1969): *Verh. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch. Afd. Nat.*, XXV (3), 1-90.

IGME (1983): *Investigaciones hidrogeológicas de la Cuenca del Sur de España* (Sector Occidental). Informe técnico número 1, 86 pp.

Lhenaff, R. (1966): *C. R. som. Soc. Geol. France*, 395-396.

Lhenaff, R. (1981): *Recherches geomorphologiques sur les Cordilleres Betiques Centro-Occidentales* (Espagne). Tesis, 713 pp.

Shackleton, N. J. y Opdyke, N. D. (1973): *Quat. Res.*, 3, 39-55.

Recibido el 30 de septiembre de 1988
Aceptado el 10 de octubre de 1988

Las tierras raras en el Plutón de Caldas de Reyes: influencia de la mineralogía en su evolución

A. Cuesta. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. 33080 Oviedo.
L. G. Corretgé. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. 33080 Oviedo.

ABSTRACT

This paper deals with the role of the mineral phases in the evolution and behaviour of the REE elements in the Caldas de Reyes Zoned Pluton (Galicia-Spain). The study of normative and chemical relationships reveals the preponderant influence of the accessory minerals over REE spectra of the Pluton.

Cuesta, A. y Corretgé, L. G. (1988): Las tierras raras en el Plutón de Caldas de Reyes: influencia de la mineralogía en su evolución. *Geogaceta*, 5, 63-66.

Key words: *Tierras raras, granite, minerales accesorios, Caldas de Reyes, Galicia, España.*

En el Plutón Zonado Hercínico de Caldas de Reyes (C. de R.) (provincias de La Coruña y Pontevedra), se han distinguido tres grupos intrusivos principales (Cuesta, 1987) (fig. 1), que, según datos de campo, petrográficos y geoquímicos, aparecen en el siguiente orden secuencial:

1º *Facies externa más facies externa leucocrata* (FB+FBL): Granitos y granodioritas de biotita ± anfíbol ± moscovita, de grano muy grueso y textura de equigranular a fuertemente inequigranular.

2º *Facies porfídica* (FP): Granodioritas a granitos de biotita y anfí-

bol; de grano muy grueso y textura casi siempre porfídica.

3º *Facies central* (GA): Integrada por varias subfacies dispuestas concéntricamente: *subfacies biotítica*, o granito biotítico de grano medio a grueso a veces porfídico. *Subfacies moscovítica*, o granito de dos micas equigranular de grano medio a grueso. *Dique semianular*, petrográficamente muy similar a la subfacies biotítica, aunque nunca posee carácter porfídico; separado espacialmente de las subfacies precedentes. *Diques graníticos menores*, granitos a aplitas de grano fino y equigranulares.

Las tierras raras (REE) en el Plutón de Caldas

Sobre las distintas facies del Plutón de C. de R. se han realizado análisis de REE sobre once muestras, representativas del espectro composicional abarcado por las tres facies principales (tabla I).

En la figura 2 se representa la variación y espectros característicos de las distintas muestras analizadas; de ella puede deducirse que: a) Todos los espectros son comparables a los propuestos para rocas similares (granodioritas-monzogranitos), por Fourcade (1981). b) En todas las muestras se aprecia un considerable índice de frac-