

# Evidencias morfogenéticas cuaternarias en el karst de la Sierra del Endrinal (Grazalema, Cádiz)

*Quaternary morphogenic features in the Endrinal mountains (Grazalema, SW Spain)*

J. Rodríguez Vidal (\*)(\*\*), G. Alvarez (\*\*), L.M. Cáceres (\*), A. Martínez Aguirre (\*\*\*) y J.M. Alcaraz (\*\*\*)

(\*) Universidad de Huelva, Departamento de Geología, Campus de La Rábida, 21819 Huelva.

(\*\*) Sociedad Espeleológica GEOS, Sevilla.

(\*\*\*) Universidad de Sevilla, Departamento de Física Aplicada, EUITA, carretera de Utrera, km 1, 41080 Sevilla.

## ABSTRACT

The geomorphological observations made until now reveal a long morphogenic history for the karst of the Endrinal mountains, going back to pre-Quaternary times. The erosion surfaces mapped (S1, S2 and S3) have a biostatic genesis and are linked to humid media with forest cover, favouring carbonation below a karst cover.

The relationship between speleothems and geomorphology seems to indicate that surfaces 1 and 2 are basal surfaces of weathering, with biostatic genesis, which would remain active from at least 300 ky BP (Middle Pleistocene), with a period of intense carbonation during the isotopic (cold) state 6 between 190 and 140 ky BP.

Surface 3, of recent genesis (Late Pleistocene to Holocene), is the result of a general biostatic situation, with climatic and antropogenic rheostatic disturbances that have mobilized, under the action of water flow and gravity, the detritus and regoliths generated in previous epochs. Regional palaeoenvironmental indicators show a climatic change towards greater aridity during the transition from Middle to Late Pleistocene.

**Key words:** karst, Quaternary, geomorphology, U/Th dating, Betic Range.

Geogaceta, 24 (1998), 267-270

ISSN: 0213683X

## Introducción

Los sistemas kársticos tienen una evolución muy dilatada en el tiempo y sólo algunos de los procesos, de sus distintas etapas evolutivas, quedan conservados en el relieve. Las reconstrucciones paleoambientales pueden tener una buena fuente de información en el análisis dinámico de las formas y los depósitos kársticos.

La estructura geológica sobre la que se ha modelado el relieve kárstico de la sierra de Grazalema es aparentemente sencilla, con suaves pliegues de cobertura, anticlinales y sinclinales, orientados de N-S a NE-SO, con vergencia al S y recorrido kilométrico (Moreno Serrano *et al.*, 1990). El desarrollo de los grandes pliegues queda fuertemente trastocado e interrumpido por la fracturación generada en una etapa distensiva tardía, posterior al emplazamiento y plegamiento compresivo de las sierras, que dio lugar a movimientos de bloques en la vertical. Estos bloques originan plataformas aisladas en el relieve o pel-

daños escalonados. Estas fallas tienen rumbos variados: E-O a ENE-OSO en graderío; y N-S a NE-SO en fosas que facilitan valles y corredores, donde afloran series margosas del Cretácico.

La casi totalidad de esta estructura tectónica está formada por materiales calizos del Subbético interno, de edad jurásica y cretácica.

## Rasgos geomorfológicos

La zona estudiada, dentro de la sierra del Endrinal, se circunscribe a la plataforma localizada por encima de 1.400 m de altitud (Fig. 1), con cimas que alcanzan máximos de 1.539 m (Reloj) y 1.560 m (Simancón), y que abarca una superficie aproximada de 1,33 km<sup>2</sup>. Esta plataforma superior de la sierra del Endrinal está totalmente rodeada por escarpes de 100 a 200 m de desnivel, que le confieren un aspecto morfoestructural en «mesa». El relieve es de tipo plegado invertido con interferencias de relieve fallado, lo que

apoya la idea de una larga evolución morfogenética, incluso previa al relieve kárstico que ahora observamos. El rasgo principal es el de un anticlinal N-S, desventrado y posteriormente arrasado, y un sinclinal colgado al este del anterior. Algo más al este, entre las cimas del Reloj y Simancón, pasa otra charnela anticlinal N-S (Fig. 2) igualmente desventrada (combe) y que da lugar a valles en «cuna». De forma local, y sin incidencia morfoestructural, se detectan pliegues ESE-ONO asimétricos de escala métrica.

Sobre estos amplios pliegues se superpone una intensísima fracturación, muy karstificada, y una banda de falla N-S en el centro de la meseta (Fig. 1) con intensa brechificación cataclástica, que divide su superficie en dos sectores de distinto aspecto morfológico.

La totalidad de la plataforma está karstificada y presenta dos tipos de relieve: a) de laderas suavizadas y lomas redondeadas, reflejo de un antiguo karst cubierto y b) de superficie labrada de la-

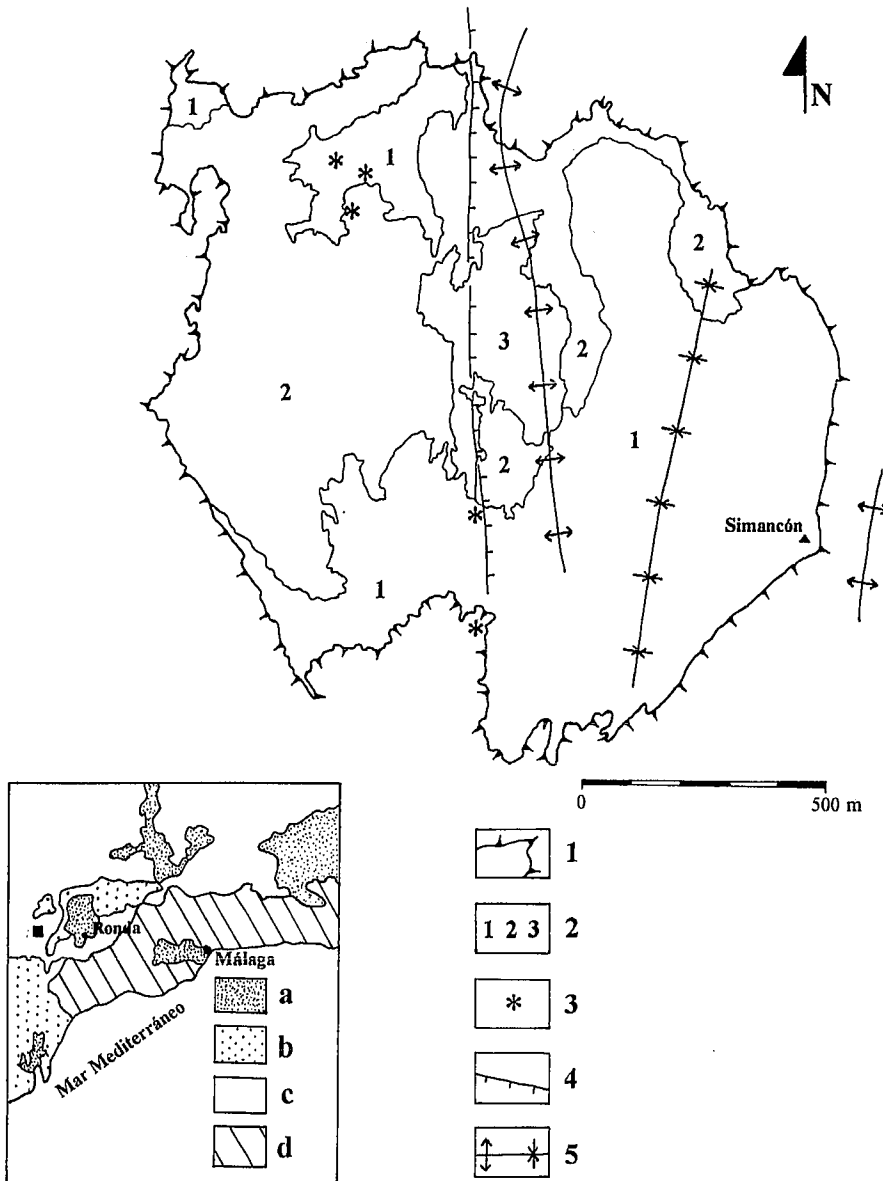


Fig. 1.- Situación regional de la sierra del Endrinal. Leyenda: a. sedimentos neógenos y cuaternarios, b. Unidad Surco de Flyschs, c. Subbético, d. Dominio de Alborán. Esquema geomorfológico y localización de muestras datadas de espeleotemas. Leyenda: 1. borde de plataforma estructural, 2. numeración de las superficies erosivas, 3. localización de muestras de espeleotemas, 4. falla, 5. pliegues.

Fig. 1.- Regional location of the Endrinal mountains. Legend: a. Neogene and Quaternary sediments, b. Flysch Unit, c. Subbetic, d. Alboran Domain. Geomorphological sketch and location of speleothem sample sites. Legend: 1. upper plateau boundary, 2. numbers of erosion surfaces, 3. speleothems samples sites, 4. fault, 5. folds.

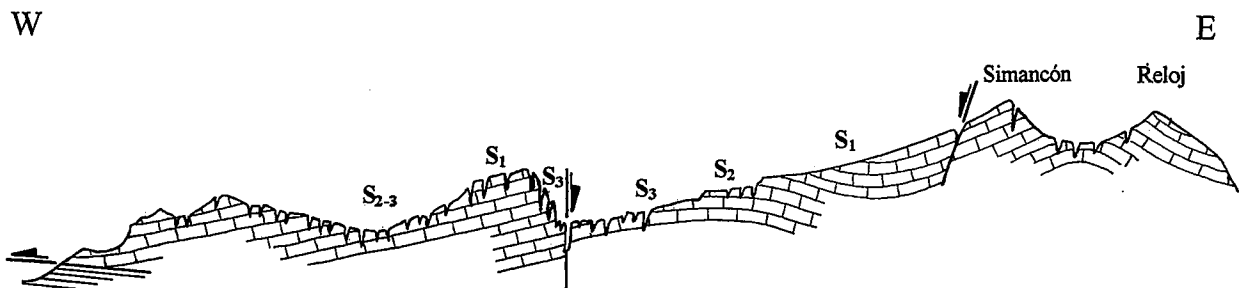


Fig. 2.- Transecto geológico-geomorfológico, sin escala, de la meseta superior de la sierra del Endrinal. S = superficies de erosión.

Fig. 2.- Geological and geomorphological section, without scale, of the upper plateau in the Endrinal mountains. S = erosion surfaces.

piaces, relacionada con erosión-corrosión funcional. Ésto implica la coexistencia en el relieve de dos conjuntos de modelados, uno relicto de karst cubierto (exhumado) y otro activo de karst libre.

Teniendo en cuenta estas observaciones, también pueden diferenciarse en la plataforma tres superficies distintas de evolución del relieve (Fig. 2), evidencia de pasados periodos de actividad y crisis morfogénica. Cartográficamente se presentan como tres superficies erosivas escalonadas o encajadas, de topografía irregular, que se cortan unas a otras: Niveles 1 y 2 relictos, y un sector deprimido funcional que marca el nivel 3 en su parte central, semejando una morfología en embudo.

**Dataciones isotópicas**

En la superficie de esta meseta kárstica son frecuentes los afloramientos de espeleotemas exhumados, evidencia del descenso topográfico que se ha producido por erosión mecánica y corrosión durante el Cuaternario. Estas coladas calcíticas rellenan grietas y paredes de simas en medio vadoso, generándose en periodos en los que dominaba la carbonatación. Los isótopos radiactivos capturados en este proceso y su evolución temporal permiten evaluar el tiempo transcurrido desde su génesis hasta la actualidad, con un grado de error variable. El método utilizado ha sido el del desequilibrio en la serie del Uranio ( $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ), cuya resolución cronológica alcanza los 350 ka.

Las siete muestras de espeleotemas analizados en la sierra del Endrinal (Tabla I) se han recogido en superficie, menos la GZ-9707 que es una colada horizontal del fondo (-50 m) de la sima GR-85. Todas las muestras son las más antiguas de cada afloramiento, pues se han tomado de los niveles adosados a la roca caja. Las edades isotópicas obtenidas son más antiguas de 140.000 años y se agrupan en dos conjuntos temporales (Fig. 3):

a) Cinco muestras entre 140-188 ka, correspondientes al estadio isotópico frío 6.

b) Dos muestras de 227 y 301 ka, correspondientes a los estadios cálidos 7 y 9 respectivamente.

De las muestras analizadas, cinco presentaban contenidos significativos de material detrítico junto con el carbonato. Con objeto de obtener las relaciones de actividad  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  y  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , en el carbonato puro, ha sido necesario corregir las concentraciones de los isótopos de U y Th de las muestras analizadas. Para la corrección del material detrítico se ha utilizado la técnica LL con 3 o más submuestras de cada una de ellas. Las dos muestras restantes (GZ-9703 y GZ-9706) presentaron un contenido despreciable en material detrítico, obteniéndose las concentraciones de U y Th y las relaciones de actividad del carbonato puro directamente del análisis de las muestras.

La totalidad de estas muestras están localizadas sobre zonas erosionadas de las superficies relictas 1 y 2 (Fig. 1), indicando que éstas posiblemente se generaron en periodos de carbonatación dominante (biostasia). La intensa erosión-corrosión de la superficie 3 no deja restos de espeleotemas, sólo lapiaces y arrastre de detríticos, por lo que su génesis es distinta a la de las anteriores (rextistasia).

Las edades de los espeleotemas de la sierra del Endrinal pueden compararse con las obtenidas en la provincia de Málaga por Durán (1996). El máximo anomalía del estadio isotópico 6 también está bien representado en Málaga, no sucediendo igual con el de los estadios 7 y 9, con escasos valores.

Delannoy y Díaz del Olmo (1986) datan en el polje de Lfbar unos espeleotemas, que se localizan en una sima-sumidero, con 142,5 ka, coincidente con el estadio isotópico 6. Delannoy (1992), en la Sierra de las Nieves (Málaga), data espeleotemas exhumados en superficie de paleocavidades, con edades más antiguas de 350 ka.

## Conclusiones

Las observaciones geomorfológicas hasta ahora realizadas permiten deducir una larga historia morfogenética para el karst de la sierra del Endrinal, que se remontaría a épocas precuaternarias. El relieve exokárstico cuaternario sería, a grandes rasgos, semejante al actual.

Las superficies erosivas cartografiadas (1, 2 y 3) son de génesis biostásica y están vinculadas a medios húmedos con cubierta forestal, que favorecen la carbonatación bajo un karst cubierto.

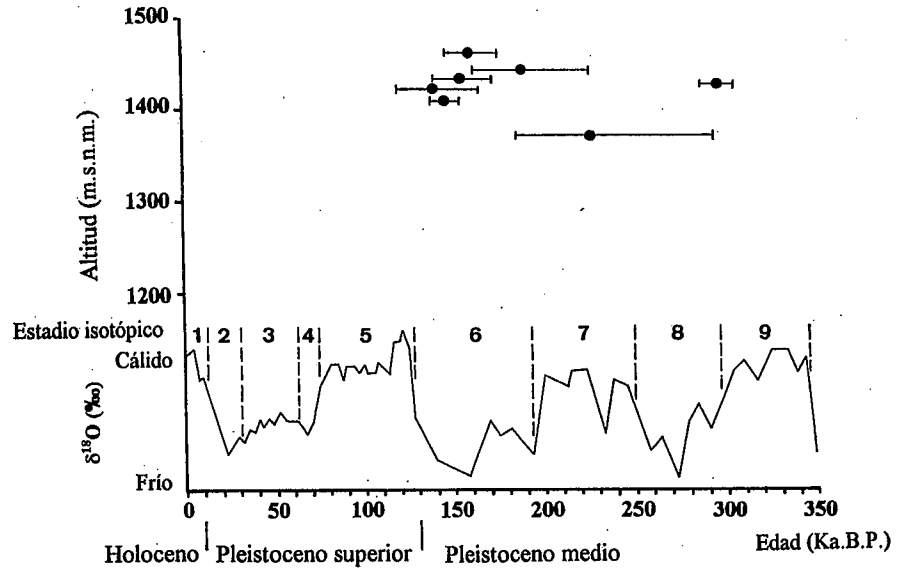


Fig. 3.- Localización temporal de las dataciones Th/U realizadas en la plataforma de 1.400 m de la sierra del Endrinal. Estadios y curva isotópica del oxígeno de sondeos oceánicos profundos (según Shackelton y Opdyke, 1973 y Williams et al., 1988).

Fig. 3.- Comparison of Th/U ages in the Endrinal mountains (upper plateau) and the marine oxygen isotope sequence (after Shackelton & Opdyke, 1973 and Williams et al., 1988).

Localización	Muestra	Altitud (m.s.n.m.)	Edad $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (ka. B.P.)	Error (± ka. B.P.)
<b>Plataforma de 1.400 m</b>				
Sima GR-85	GZ-9701	1.434	155,4	+18,4/-15,5
Sima GR-65	GZ-9702	1.423	140,7	+24,6/-20,1
Sima GR-168	GZ-9703	1.428	301,5	+14,3/-12,6
Sima KL-42	GZ-9704	1.410	146,9	+ 8,5/- 7,9
Falla N-S	GZ-9705	1.444	188,5	+37,4/-27,0
Falla N-S	GZ-9706	1.465	159,9	+17,8/-14,5
Sima GR-85 (-50 m)	GZ-9707	1.372	227,3	+67,0/-41,0

Muestras analizadas en el Laboratorio Radioquímico del Grupo de Radioactividad Ambiental y Modelización, localizado en el Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Facultad de Física de la Universidad de Sevilla.

Tabla I.- dataciones radiométricas en la sierra del Endrinal (Grazalema, Cádiz).

Table I.- Th/U dates from the Endrinal mountains (Grazalema, Cádiz).

La relación entre espeleotemas y geomorfología parece indicar que las superficies 1 y 2 son relieves basales de meteorización, de génesis biostásica, que perdurarían activos desde al menos 300 ka BP hasta hace unos 130 ka BP (Pleistoceno medio), con un periodo álgido de carbonatación durante el estadio isotópico (frío) 6 entre 190-140 ka BP.

La superficie 3, de génesis reciente (Pleistoceno superior-Holoceno), es el resultado de una situación biostásica general, con interrupciones rextásticas climáticas y antropogénica que han movilizadopor arroyada y gravedad los detríticos y regolitos generados en épocas previas.

Los indicadores paleoambientales regionales indican un cambio climático hacia mayor aridez en este momento de paso entre el Pleistoceno medio y el superior.

## Agradecimientos

Este trabajo ha contado con la inestimable ayuda de todos los compañeros de la Sociedad Espeleológica GEOS, a lo largo de los últimos cuatro años. El apoyo económico ha sido facilitado por el Plan Propio de Investigación de la Universidad de Huelva y el proyecto PB94-1090-C03-01.

Referencias

- Delannoy, J.J. (1992): *Karst et evolutions climatiques. Hommage à J. Nicod*, 153-175. Presses Universitaires. Bordeaux.
- Delannoy, J.J. y Díaz del Olmo, F. (1986): *Karstologia Mémoires*, 1, 54-70.
- Durán, J.J. (1996): *Tesis Doctoral*, Universidad Complutense de Madrid, 409 p.
- Moreno Serrano, F. y Moreno Serrano, F.; García Dueñas, V.; Campos, J.; García Rosell, L.; Orozco, M. y Sanz de Galdano, C. (1990): *Mapa geológico de España, E. 1:50.000, Hoja nº 1.050 (Ubrique)*. Instituto Tecnológico y Geominero de España, 55 p., Madrid.
- Shackleton, N.J. y Opdyke, N.D. (1973). *Quaternary Research*, 3, 39-55.
- Williams, O.F.; Thunell, R.C.; Tappa, E.; Rio, D. y Rafi, I. (1988): *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol.*, 64, 221-240.