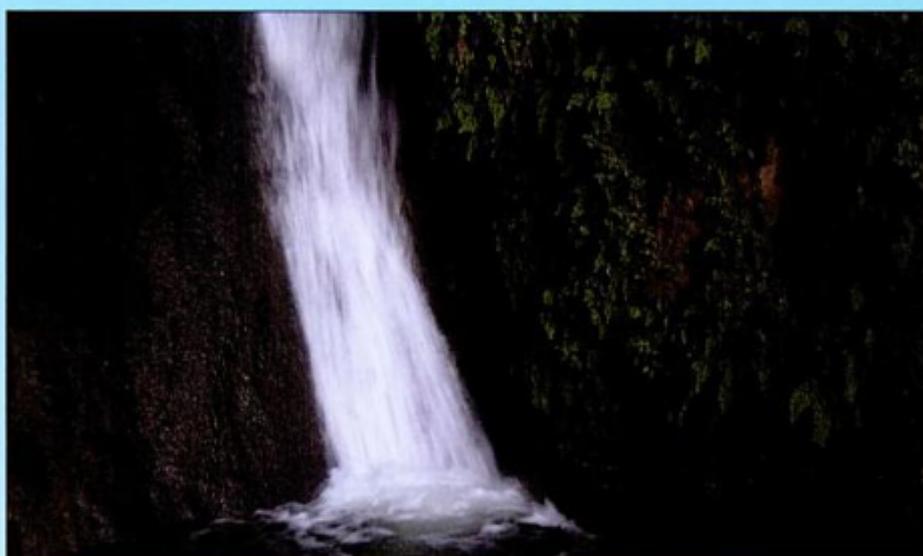


PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
Serie: HIDROGEOLOGÍA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS N° 12

# Investigaciones en sistemas kársticos españoles



Editores: B. Andreo  
J.J. Durán



Contribución española al Proyecto 448 del PICG de la UNESCO,  
"Correlación mundial de ecosistemas kársticos"

With extended abstracts in English



Material protegido por derechos de autor

Serie: HIDROGEOLOGÍA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS, N.º 12  
Editores: B. ANDREO y J.J. DURÁN

INVESTIGACIONES en sistemas kársticos españoles  
B. Andreo y J.J. Durán, eds.- Madrid: Instituto Geológico y  
Minero de España, 2004.  
504pp., ils. color, 24 cm.- (Serie Hidrogeología y Aguas  
Subterráneas, N° 12)  
Bibliografía  
ISBN: 84-7840-551-8  
1. Karst 2. España 3. Cavidades disolución 4. Morfología  
disolución I. Andreo, B., Ed. II. Durán, J.J., Ed. III. Instituto  
Geológico y Minero de España, Ed.  
551.44(460)

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editor.

---

© Instituto Geológico y Minero de España  
Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid  
Tel. 913 495 700  
Fax 914 426 216  
Web: <http://www.igme.es>  
ISBN: 84-7840-551-8  
NIPO: 657-04-006-0  
Depósito Legal: M-36150-2004

Imprime: Gráficas Chile, S.A.L. - C/. Chile, 27 - 28016 Madrid - E-mail: [graficashile@wanadoo.es](mailto:graficashile@wanadoo.es)

Material protegido por derechos de autor

Lario, J. 2004. Variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario reciente y su registro en el medio kárstico. *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas, n.º 12, 89-100

## **Variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario reciente y su registro en el medio kárstico**

**J. Lario**

Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, Facultad de Ciencias del Medio Ambiente.  
Universidad de Castilla-La Mancha, 45071 Toledo  
E-mail: javier.lario@uclm.es

### **RESUMEN**

Se presenta una síntesis de los trabajos realizados por diversos autores en relación con registro sedimentario de variaciones del nivel del mar en ambientes kársticos. Los estudios se centran principalmente en el Cuaternario reciente y están limitados a zonas puntuales de la Cornisa Cantábrica, estudios más amplios en las Islas Baleares y diversos trabajos en el S y SE Peninsular. En general, en la costa emergida, están bien representadas las altas paradas del nivel del mar ocurridas durante el E1 7 y, principalmente, durante el E1 5. La presencia de niveles de estadios isotópicos anteriores está también documentada, si bien su registro no es completo, en todas las áreas y su cronología es a veces difícil de determinar. Un registro más pobre existe en relación a los niveles sumergidos, asociados generalmente a bajas paradas del nivel del mar, donde las secuencias más completas han sido reconocidas en Baleares a partir del estudio de espeleotemas. Es igualmente importante tener en cuenta el comportamiento neotectónico diferencial de las zonas estudiadas, lo que no permite usar la altitud como criterio de correlación entre ellos.

Palabras clave: espeleotemas, neotectónica, Último Interglacial, variaciones del nivel del mar

### ***Variations in sea level during the recent Quaternary and their record in karstic media***

#### **ABSTRACT**

*This paper presents a summary of the studies made by various authors concerning the sedimentary record of variations in sea level within karstic environments in the Iberian peninsula and in the Balearic Isles. Although the peninsular and insular territories contain large coastal areas with an abundance of karstic areas, only a few studies have been made to relate variations in sea levels with the corresponding geomorphologic and sedimentologic records. These studies have mainly concerned the recent Quaternary and are limited to certain areas on the coast of Cantabria (northern Spain), somewhat wider-based studies in the Balearic Isles and various areas in the south and south-east of the peninsula.*

*In general, on emerged coastal regions, sea level high stands occurring during isotopic stage 7 and, especially, during stage 5, are well represented. Different pulses during these isotopic stages have been observed, and their chronology has been determined by means of sedimentologic, geomorphologic and palaeontologic studies, backed up by Th/U dating. The presence of levels of earlier isotopic stages (principally, 9 and 11) has also been documented, although the record is not complete for every area, and the chronology is sometimes difficult to establish, as it is at the very limits of the dating method. Sea level high stands associated with isotopic stage 1 are also well documented and correspond, in general, to little excavations and small platforms, sometimes with an associated deposit of beach rock.*

*A poorer record is available for submerged levels, generally associated with sea level low stands. The most complete of these sequences have been identified in the Balearic Isles, based on a study of speleothems. Petrologic and mine-*

correspondencia altimétrica e hidrodinámica con el nivel del mar que ha existido en cada momento, por lo que resultan un excelente registro del nivel del mar durante el Cuaternario. Hasta la fecha se han reconocido al menos 30 paleoniveles de espeleotemas freáticos situados a cotas que van desde +46m a -23m en relación al nivel del mar actual. Los niveles de cotas positivas se asocian a eventos transgresivos durante episodios cálidos, mientras que los niveles con cotas negativas se relacionan con eventos regresivos durante episodios relativamente fríos (Ginés *et al.*, 2002a y b).

Se han realizado diversas dataciones Th/U de estos espeleotemas con los que se intenta reconstruir las variaciones del nivel asociadas a los cambios climáticos ocurridos en el Mediterráneo durante los últimos 350 Ka (Henning *et al.*, 1981; Ginés y Ginés, 1993; Ginés, 2000; Tuccimei *et al.*, 1998, 2000; Vesica *et al.*, 2000; Fornós *et al.*, 2002a). En general, están bien representadas las altas paradas del nivel del mar asociadas al Último Interglacial (EI 5), con al menos tres estabilizaciones del nivel del mar entre +1,4 y +2,5 m.s.n.m. Además se han registrado pulsaciones negativas del nivel del mar asociadas a eventos fríos, está especialmente bien representado el registro del EI 4 (Ginés y Ginés, 1993; Ginés *et al.*, 2002a y b, 2003). En general, varias de estas paradas del nivel del mar han sido observadas por otros investigadores a partir del estudio de depósitos marinos (Hillaire-Marcel *et al.*, 1996; Zazo *et al.*, 2003), si bien habría que tener en cuenta que estos depósitos pueden estar afectados por actividad neotectónica (Goy *et al.*, 1995; Fornós *et al.*, 2002a y b).

#### 4. Sureste peninsular

El registro de niveles marinos asociados a cavidades en el sureste peninsular se limita a los descritos en la costa oriental de Málaga, sur de Cádiz y Gibraltar.

En las cavidades y fisuras kársticas desarrolladas en las calizas jurásicas entre Nerja-El Rincón de la Victoria y El Candado, se pueden observar rellenos formados por depósitos marinos asociados con altas paradas de nivel del mar, muchos de ellos presentan también depósitos continentales y/o rellenos con restos arqueológicos (Lhénaff, 1977; Durán y Soria, 1989; Lario *et al.*, 1993 y 1999; Lario, 1996; Durán, 1996; Lario *et al.*, 1999; Ferre *et al.*, 2002). Las dataciones isotópicas realizadas tanto mediante Th/U como por ESR en fauna marina y en espeleotemas asociados a los depósitos (Brückner y Radtke, 1986; Zazo *et al.*, 1994; Goy *et al.*, 1995; Lario, 1996; Zazo *et al.*, 1999) han permitido diferenciar una serie de niveles asignados al Pre-Tirreniense, así como niveles asignables a casi todo el Ciclo Tirreniense (T-I, T-II y T-III; se han reconocido niveles del T-IV), que van desde aproximadamente +15 m a +0,5 m. En general los depósitos mejor representados son los asociados al Último Interglacial y se caracterizan por la presencia de *Strombus bubonius*, fauna cálida que da la clave para saber que se trata del ciclo Tirreniense y más concretamente, del Estadio Isotópico 5 (Zazo *et al.*, 1994; Zazo *et al.*, 2003).

Niveles marinos más antiguos han sido encontrados a alturas superiores, bien formando plataformas, bien con algún depósito marino cementado (Sermet, 1943; Azema, 1961; Lhénaff, 1977), cuya distribución y cartografía ha sido recientemente completada. Únicamente se han reconocido depósitos marinos asociados a cavidades en la Cueva del Tesoro, cuya cronología no es definitiva (Ferre *et al.*, 2002; Ferre *et al.*, 2003).

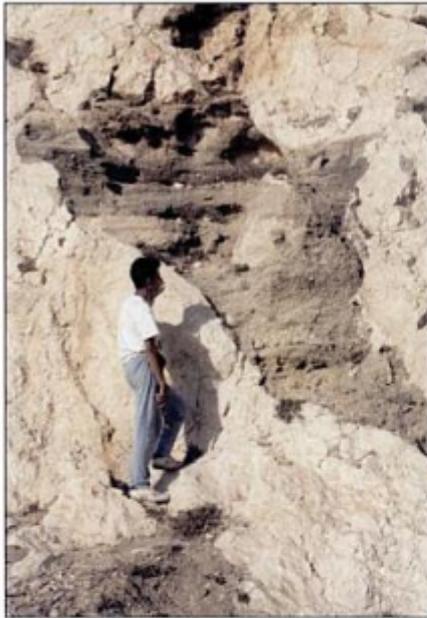


Fig. 1. Niveles marinos pre-tirrenienses en cavidades de Los Cantales (Málaga)  
*Fig. 1. Pre-Tyrrhenian marine levels in cavities of Los Cantales (Málaga)*

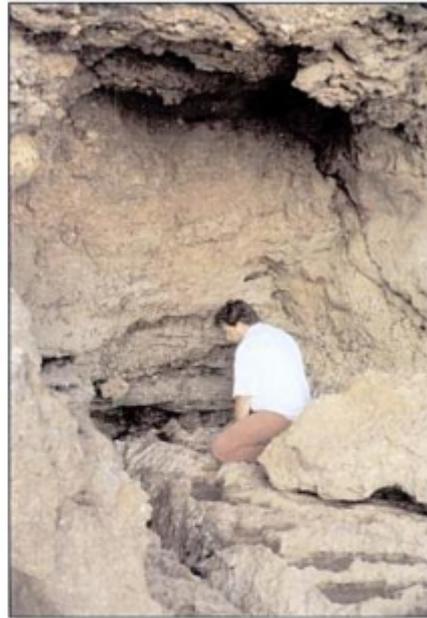


Fig. 2. Niveles marinos tirrenienses rellenando cavidades en Los Cantales (Málaga) y sellados por una corteza estalagmítica  
*Fig. 2. Tyrrhenian marine levels filling cavities of Los Cantales (Málaga) covered by a calcitic flowstone*

Más al sur, Hoyos *et al.* (1994) analizaron los procesos morfokársticos y sedimentarios ligados al litoral del Estrecho de Gibraltar y establecieron las relaciones estratigráficas y cronológicas existentes entre la sedimentación litoral marina y la sedimentación exo y endokárstica. Se observa que en áreas litorales, además del factor litológico, la karstificación está ligada a la mayor agresividad del agua frente a los carbonatos en la zona de mezcla del agua dulce con el agua salada (zona de *mixing*, Bögli, 1980), por lo que se generan cavidades freáticas de reducida altura que presentan un amplio desarrollo paralelo a la costa y escasa penetración hacia el interior (Mylroie y Carew, 1990). Igualmente, la acción del oleaje favorece la formación de una plataforma de erosión con un frente de socave coincidente prácticamente con la zona de mezcla antes citada. Este tipo de cavidades ligadas a la zona litoral pueden considerarse como indicadores de antiguas paradas del nivel del mar, coincidentes o muy próximos a los máximos transgresivos. De hecho, se localiza una secuencia discontinua en el área de Camarinal (NO de Tarifa, Cádiz) con depósitos marinos asociados a estas cavidades y que corresponderían a altas paradas del nivel del mar durante el Pleistoceno medio y superior (Hoyos *et al.*, 1994; Zazo *et al.*, 1994, 1999, 2000).

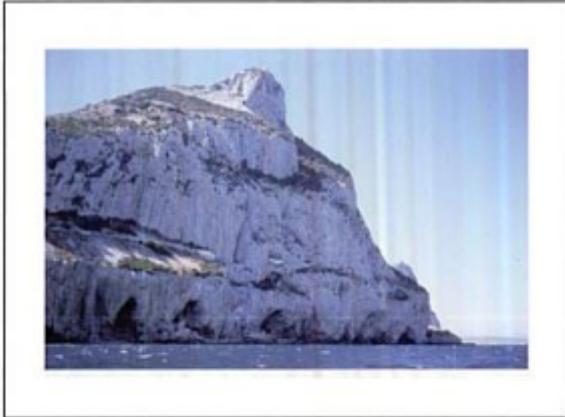


Fig. 3. Cavidades en Governor Beach (Gorham's, Vanguard and Beneth's Caves), Gibraltar, con un importante relleno sedimentario kárstico, con presencia de niveles marinos del Último Interglacial

*Fig. 3. Cavities in Governor Beach (Gorham's, Vanguard and Beneth's Caves), Gibraltar, containing an important karstic sedimentary filling, with marine level of the Last Interglacial*

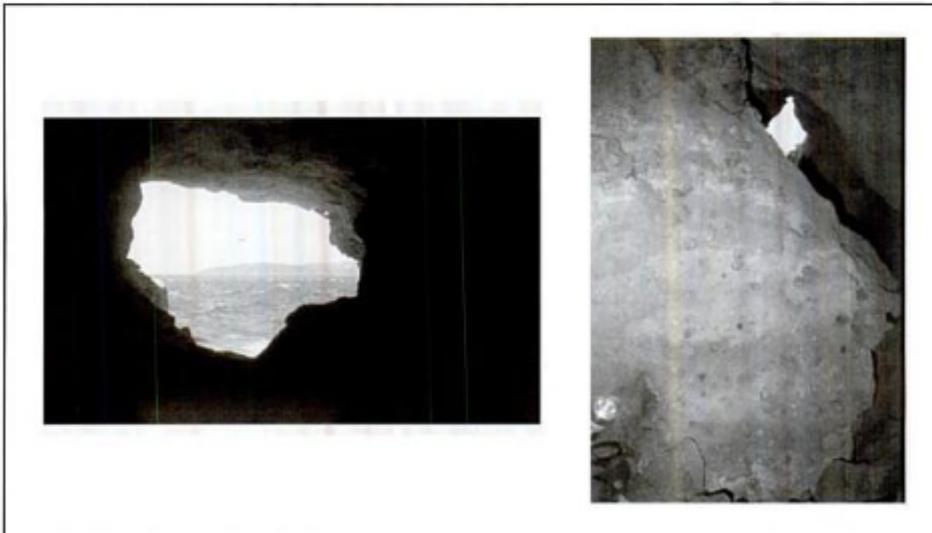


Fig. 4. Rich sands Cave (Punta Europa, Gibraltar). Cavidad asociada a niveles marinos del Penúltimo y Último Interglacial (izquierda), con modificaciones debidas a litófagos (derecha). En la misma se ha encontrado un yacimiento neolítico (Santiago *et al.*, 2000)

*Fig. 4. Rich sands Cave (Punta Europa, Gibraltar). Cavity associated to marine level of the Last and Prelast Interglacial (left), with modifications due to lithophags (right). A Neolithic site has been found in this cave (Santiago *et al.*, 2000)*

Un caso especial lo constituye el Peñón de Gibraltar. La geología de Gibraltar ha sido descrita por varios autores y sintetizada por Rose y Rosenbaum (1991). Se ha puesto de manifiesto el gran de-

sarrollo de procesos kársticos en las rocas carbonatadas, con más de 150 cuevas documentadas (Fa *et al.*, 2000). Igualmente han sido descritos numerosos depósitos marinos, tanto en plataformas como en cavidades, desde una altura de 210 m s.n.m. al 0 actual (sintetizado en Rose y Hardman, 2000). Los depósitos encontrados en estas cavidades están, en ocasiones, asociados a importantes yacimientos arqueológicos y paleontológicos que han mostrado un gran potencial para el estudio de la evolución humana y en especial de los neandertales (ver síntesis en Stringer, 2000).

Los depósitos marinos mejor caracterizados que ya han podido ser datados mediante Th/U, tanto éstos como los espeleotemas asociados, corresponden al Penúltimo y Último Interglacial (EI 7 y 5), y aparecen asociados a plataformas y cavidades desde aproximadamente +12m a +0.5m que están bien representados en el S y SE (Punta Europa, Governor Beach), aunque también aparecen en el N del Peñón (Devil's Tower). Su secuencia fue descrita en Hoyos *et al.* (1994) y completada en Goy *et al.*, 1995; Lario, 1996; Zazo *et al.*, 1999 y Santiago *et al.*, 2000.

Actualmente, y dentro del *Gibraltar Caves Project*, se ha creado un equipo que está realizando la exploración de cavidades sumergidas y el reconocimiento de otros elementos morfológicos sumergidos en la costa (Fa *et al.*, 2000). Flemming (1972) localizó una secuencia de terrazas marinas de diferente extensión entre 5 m y 91 m por debajo del nivel del mar, alrededor de Gibraltar. La profundidad de la mismas varía en las diferentes áreas del Peñón, debido al basculamiento del mismo hacia el NE. Entre -5 y -10 m, situó una terraza marina de amplia extensión. Asociado a esta terraza, se han observado socaves y cavidades de pequeño desarrollo. Igualmente, a -20 m, señaló una terraza marina de menor entidad, e igualmente se han localizado pequeñas cavidades y socaves a dicha profundidad, en el área de Vladi's Reef, al SW del Peñón (Fa *et al.*, 2000; Lario *et al.*, 2001). También se ha explorado una cavidad sumergida de agua dulce con acceso desde el interior del Peñón (Silent Pool) donde aparecen espeleotemas de tipo vadoso en gran parte de la misma. A varias profundidades se han identificado varios niveles de bandeados oscuros con disposición horizontal que recubren las paredes de la cavidad y afectan, en algunas ocasiones, a espeleotemas. Se han interpretado como paleoniveles freáticos y, dada la situación de esta cavidad con relación a la línea de costa, permitiría relacionar estos niveles con paradas del nivel del mar (Lario *et al.*, 2001). Los elementos morfológicos sumergidos que han localizado, así como la presencia de paleoniveles freáticos relacionados con éstos, indican que ha existido una posición de *stillstand*, a ambas profundidades. Si bien la cronología no puede ser precisada actualmente, debido a la relación de los bandeados de óxidos de Mn y Fe con varias fases de espeleotemas, los autores asocian los mismos a situaciones del nivel del mar del Pleistoceno medio tardío y Pleistoceno superior. Futuras dataciones de estos espeleotemas podrán precisar esta cronología y se podrán ajustar estas paradas del nivel del mar con las secuencias observadas por varios autores, aunque es importante tener en cuenta la componente tectónica que ha afectado a estos elementos morfológicos (Flemming, 1972; Rose y Rosenbaum, 1991; Hoyos *et al.*, 1994; Rodríguez Vidal y Gracia, 1994 y 2000; Zazo *et al.*, 1994 y 1999; Goy *et al.*, 1995; Lario, 1996; Rodríguez Vidal *et al.*, 2001 y 2002).

En estos últimos años se está realizando un completo estudio de las terrazas marinas del Peñón (con presencia o no de depósito marino), así como de los sedimentos kársticos, principalmente continentales pero en muchas ocasiones relacionados con niveles marinos, (Rodríguez Vidal *et al.*, 2002). Las dataciones Th/U realizadas en espeleotemas muestran una secuencia compleja entre 150 y 30 ka. Cuando salgan a la luz nuevas dataciones, tanto de estos depósitos como de espeleotemas

Menos datos existen en relación a los niveles sumergidos, asociados generalmente a bajas paradas del nivel del mar, donde las secuencias más completas han sido reconocidas en Baleares a partir del estudio de espelotemas. Estudios petrológicos, mineralógicos y dataciones Th/U han permitido obtener también una cronología precisa de las mismas. En el área del Estrecho de Gibraltar se han reconocido plataformas, socaves y pequeñas cavidades a cotas por debajo del nivel del mar actual, aunque la ausencia de depósitos asociados no ha permitido obtener una cronología precisa de las mismas. A partir del estudio de espelotemas freáticos relacionadas con algunas de esas morfologías se podrá, en un futuro, intentar obtener una cronología fiable.

El comportamiento neotectónico diferencial de las zonas estudiadas, no sólo entre ellas, sino en diferentes sectores de ellas, no permite que la altitud o profundidad de los distintos niveles pueda utilizarse como criterio para correlacionar los mismos, por lo que cualquier correlación debe ser realizada en base a criterios geomorfológicos, sedimentológicos, petrológicos y/o paleontológicos.

## 6. Agradecimientos

Proyectos de Investigación del MCYT: BTE2002-01691, BTE 2002-01065 y BTE2002-04492-C02-02. Este trabajo es una contribución a los proyectos IGCP 448 y 495.

## 7. Referencias

- Azema, J. 1961. Etude geologique des abords de Málaga (Espagne). *Estudios Geológicos*, 17: 131-160.
- Bögli, A. 1980. *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer-Verlag, Berlin, 253 pp.
- Brückner, H. y Radtke, U. 1986. Paleoclimatic implications derived from profiles along the spanish mediterranean coast. En: López-Vera, F. (Ed.), *Quaternary Climate in Western Mediterranean*: 467-486.
- Durán, J.J. 1996. *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo occidental*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 409 pp.
- Durán, J.J. y Soria, J.M. 1989. *Encuentro de campo sobre Geomorfología, Cuaternario y geotectónica*. Libro-Guía. ITGE-AEQUA, Madrid, 168 pp.
- Fa, D., Lario, J., Smith, P. y Finlayson, J.C. 2000. Submerged features around the coast of Gibraltar and their potential use by early humans. *I Congreso Andaluz de Espeleología*, Ronda, 143-149.
- Ferre, E., Cortés, M., Ramos, J., Senciales, J.M., Aguilera, R., Bartolomé, B., Navarrete, I., Bañares, M., Vera, J.L. y Lozano, M.C. 2002. Depósitos marinos y continentales en el sector oriental de la Bahía de Málaga. El complejo kárstico de El Candado-La Araña (Málaga, España). En: Carrasco, Durán y Andreo (Eds.), *Karst and Environment*, Fundación Cueva de Nerja, 429-437.
- Ferre, E., Cortés, M., Ramos, J., Senciales, J.M., Lozano-Francisco, M.C., Vera-Peláez, J.L., Aguilera, R. y Navarrete, I. 2003. El Cuaternario reciente en el sector oriental de la Bahía de Málaga. Rasas y depósitos marinos, continentales y arqueológicos. *Cuaternario y Geomorfología*, 18 (1-2), 73-93.
- Flemming, N.C. 1972. Relative chronology of submerged Pleistocene marine erosion features in the Western Mediterranean. *The Journal of Geology*, 80, 633-662.

- Lario, J. 1996. *Último y Presente Interglacial en el área de conexión Atlántico - Mediterráneo: Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 269 pp.
- Lario, J., Zazo, C., Somoza, L., Goy, J.L., Hoyos, M., Silva, P.G. y Hernández-Molina, F.J. 1993. Los episodios marinos cuaternarios de la costa de Málaga (España). *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4), 41-46.
- Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Hoyos, M. y Hillare Marcel, C. 1999. Episodios marinos del Último Interglacial (Estadio Isotópico 5) del litoral de Málaga (SE Peninsular). En: J.M. Senciales y E. Ferre (Coords.), *Elementos de los paisajes de la Provincia de Málaga*, Servicio de Publicaciones, Universidad de Málaga, 231-249.
- Lario, J., Fa, D., Smith, P., Finlayson, J.C., Zazo, C. y Goy, J.L. 2001. Reconocimiento de paleoniveles freáticos en cavidades sumergidas de Gibraltar y su relación con variaciones del nivel del mar. *V Reunión del Cuaternario Ibérico*, Lisboa, 249-251.
- Lhénaff, R. 1977. Recherches geomorphologiques sur les Cordilleres Betiques centro-occidentales (Espagne). *Tesis*. Université Paris-Sorbone, 713 pp.
- Mary, G. 1985. Niveaux marins du litoral Asturien et Galicien entre San Vicente de la Barquera et Foz. *Actas I Reunión Nacional del Cuaternario Ibérico*, Lisboa, 219-228.
- Mylor, J.E. y Carew, J.L. 1990. The flank margin model for dissolution cave development in carbonate plateforms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 413-424.
- Pomar, L. 1989. Espeleotemas freáticos, karst litoral y oscilaciones del nivel del mar durante el Cuaternario en la Isla de Mallorca. En: Durán, J.J. y López, J. (Eds.), *El karst en España*. Monografía SEG, 4, 265-276.
- Pomar, L., Rodríguez-Perea, A., Fornós, J.J., Ginés, A., Ginés, J., Font, A. y Mora, A. 1987. Phreatic speleothems in coastal caves: A new method to determine sea-level fluctuations. En: Zazo, C. (Ed.), *Late Quaternary Sea-Level Changes in Spain. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 10, 197-224.
- Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L.M., Gracia, F.J., Martínez Aguirre, A., Finlayson, C., Giles, F., Santiago, A. y Peguero, C. 2002. El relieve kárstico de Gibraltar como registro morfosedimentario durante el Cuaternario (Mediterráneo occidental). *Boletín SEDECK*, 3, 6-15.
- Rodríguez-Vidal, J. y Gracia, F.J. 1994. Análisis del relieve y morfogénesis cuaternaria del Peñón de Gibraltar. En: J. Rodríguez-Vidal, F. Díaz del Olmo, J.C. Finlayson y F. Giles (Eds.), *Gibraltar during the Quaternary*. Monografías AEQUA, 2, 12-20.
- Rodríguez-Vidal, J. y Gracia, F.J. 2000. Landform analysis and Quaternary processes of the Rock of Gibraltar. En: J.C. Finlayson, G. Finlayson y D. Fa (Eds.), *Gibraltar during the Quaternary*. Gibraltar Government, Heritage Publications, Monographs 1, 31-38.
- Rodríguez-Vidal, J., Cáceres, L.M. y Gracia, F.J. 2001. Quaternary tectono-eustatic pattern of the Rock of Gibraltar. *V Reunión del Cuaternario Ibérico*, 73-76. Lisboa.
- Rose, E.P.F. y Rosenbaum, M.S. 1991. *A field guide to the Geology of Gibraltar*. The Gibraltar Museum, 192 pp.
- Santiago, A., Lario, J., Giles, F., Finlayson, C., Gutiérrez, J.M., Durell, R., Bramble, I., Latin, J.P. y Aguilera, J. 2000. El depósito Neolítico de Rich Sands Cave, Punta Europa, Gibraltar. *I Congreso Andaluz de Espeleología*, Ronda, 177-183.
- Sermet, J. 1943. La costa mediterránea andaluza de Málaga a Almería. *Estudios Geográficos*, 10, 15-29.
- Stringer, C. 2000. Gibraltar and the Neanderthals. En: J.C. Finlayson, G. Finlayson y D. Fa (Eds.).