

Sedimentación kárstica: Procesos morfosedimentarios en la zona del Estrecho de Gibraltar

Karstic sedimentation: Morphosedimentary processes in the Gibraltar Strait area

- * Hoyos, M.⁽¹⁾
- * Lario, J.⁽¹⁾
- * Goy, J.L.⁽²⁾
- * Zazo, C.⁽¹⁾
- * Dabrio, J.C.⁽³⁾
- * Hillaire-Marcel, C.⁽⁴⁾
- * Silva, P.⁽²⁾
- * Somoza, L.⁽²⁾
- * Bardaji, T.⁽⁵⁾

(1) Departamento de Geología. M.N.C.N.-C.S.I.C. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid (España)

(2) Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca (España)

(3) Departamento de Estratigrafía. Facultad de CC. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28048 Madrid

(4) GEOTOP, Université du Québec á Montreal H3C3P8 (Canada)

(5) Departamento de Geología. Universidad de Alcalá de Henares. 28871 Alcalá de Henares, Madrid (España)

RESUMEN: Se analizan los procesos morfokársticos y sedimentarios ligados al litoral del Estrecho de Gibraltar en las zonas de Punta Comarinal y Peñón de Gibraltar, estableciéndose las relaciones estratigráficas y cronológicas existentes entre la sedimentación litoral marina y la sedimentación exo y endokárstica.

En Punta Comarinal se establecen las relaciones entre las formas kársticas que se originan en la zona de "mixing" y los niveles marinos cuaternarios. Dichas formas corresponden a dos tipos principales de conductos: Cavidades de desarrollo horizontal paralelas a la línea de costa y tubos verticales.

En el Peñón de Gibraltar se analizan las relaciones entre los niveles marinos y rellenos kársticos del Plioceno y Cuaternario.

Palabras clave: karst, variaciones nivel del mar, Estrecho de Gibraltar.

ABSTRACT: Morphokarstic and sedimentary processes are analysed in the littoral of the Gibraltar Strait (Punta Comarinal and Gibraltar Rock). After this analysis stratigraphic and chronologic relations between the marine littoral sedimentation and exo/endokarstic sedimentation can be established.

In Punta Comarinal the relations between the karstic morphologies developed in the mixing zone and the quaternary marine levels are observed. These morphologies

correspond to two main types of karstic passages: horizontally developed passages parallel to the coastline and vertical tubes.

In the Gibraltar Rock the relations between marine levels and karstic filling of Pliocene and Quaternary age are analyzed.

Key words: karst, sea-level change, Gibraltar Strait.

LOS PROCESOS KARSTICOS DE PUNTA CAMARINAL Y LOS NIVELES MARINOS

Características generales

Tanto las areniscas bioclásticas neógenas que conforman el sustrato del saliente de Punta Camarinal como las correspondientes a los niveles marinos cuaternarios heredadas de las anteriores, por su alto contenido en carbonatos, tanto en los clastos (70 % de fragmentos de conchas) como en el cemento que los une y también por su alta porosidad, constituyen una roca fácilmente karstificable.

En ambos casos se trata de procesos kársticos litorales con influencia marina-continental, poligénicos y policíclicos, cuya evolución en el tiempo ha estado ligada a las variaciones del nivel del mar por causas eustáticas y/o tectónicas, siendo siempre el mar el que ha constituido y constituye su nivel de base kárstico.

Dada la posición geomorfológica de las areniscas, relacionadas directamente con el nivel del mar, la génesis de cavidades kársticas es un tanto particular en este caso. Además de al factor litológico, la karstificación está estrechamente ligada a los otros siguientes factores:

1. - A la mayor agresividad del agua frente a los carbonatos en la zona de confluencia del agua dulce freática con la salada marina, zona de "mixing" (Bögli 1980); es decir, allí donde confluyen en la línea de costa, el nivel del mar, el freático y la interfaz o "halocline". En esta zona se generan cavidades freáticas de reducida altura con techo sensiblemente plano y suelo de morfología más irregular siguiendo prácticamente la zona de "mixing", presentando amplio desarrollo horizontal paralelo a la costa y escasa penetración hacia el interior (Mylroie *et al.*, 1990).

2. - A la acción del oleaje, ya que al no ser una roca compacta se favorece la formación rápida de una plataforma de erosión con un frente de socave coincidente prácticamente con la zona antes citada.

3. - A la conjunción de las condiciones del punto 1 con fracturas (diaclasas, fallas) permite un mayor desarrollo de las cavidades hacia tierra en la zona vadosa del karst, con directrices en las direcciones de éstas.

Con todo, son escasas y de poco desarrollo las formas endokársticas en las areniscas bioclásticas miocenas debido a las características físicas de la roca, ya que la alta permeabilidad permite una amplia transmisibilidad por toda ella, restando caudal a la circulación de agua reconducida por las líneas de fracturación, que son en definitiva las generatrices de las cavidades. Por otra parte, la falta de resistencia y de cohesión interna de la roca, en unión del diaclasado de la misma, impiden la formación de grandes cavidades, dando lugar a colapsos gravitacionales cuando éstas se encuentran aún en fase de desarrollo.

Por todo ello, 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.

Cantera antigua

Las formas kársticas reconocibles en esta zona son de dos tipos:

a) Por una parte, cavidades freáticas en las que predomina un amplio desarrollo en la horizontal paralelo a la línea de costa, con escasa profundidad y altura, de techo sensiblemente plano y suelo irregular, destacando de vez en cuando alguna pequeña cueva de generación mixta freático-vadosa a favor de fracturas.

b) Por otra, se encuentran conductos verticales o tubos de disolución de diámetro y longitud variable, a veces policíclicos. Estos tubos se desarrollan en la zona vadosa del karst hasta alcanzar la superficie del freático en la zona donde confluye ésta con la superficie de interfase o de mezcla, cuando ambas se sitúan a nivel del mar en la línea de costa. Hecho que se produce cuando la roca es de las características físicas citadas y los aportes de agua dulce del freático escasos.

Un descenso del nivel del mar reactivará el desarrollo de los tubos, mientras que un ascenso abortará la formación de éstos. Su evolución en profundidad está ligada por tanto al descenso del nivel del mar, siempre que éste se mantenga próximo, presentando "ensanches" más o menos amplios en la zona de conjunción con las cavidades y conductos freáticos horizontales en aquellos momentos de estabilidad del nivel del mar.

Las formas exokársticas representadas por distintos tipos de lapiaz, conservan en general mayor abundancia de rasgos de erosión marina que de meteorización subaerea, siendo corriente la superposición de ambos tipos de procesos.

Fases de karstificación y niveles marinos asociados

En la zona de la Cantera Antigua, asociados al borde litoral se aprecia la siguiente secuencia de procesos de karstificación:

1ª Fase. - Generación de una plataforma de erosión marina sobre las areniscas neógenas a + 25 m. Está afectada por procesos de corrosión posiblemente de origen marino dada la morfología aguda e irregular del lapiaz observable, ya que se encuentra recubierta por depósitos detríticos continentales con una potencia de hasta 15 m. No son observables restos de formas endokársticas.

2ª Fase. - Esta fase se caracteriza por la formación de cavidades de desarrollo horizontal y tubos verticales de diámetro de orden decimétrico que parten de la plataforma anterior, siendo la fase más desarrollada en función de los afloramientos observados, lo que podría interpretarse como una mayor duración en el tiempo de la estabilidad del nivel del mar a esta cota.

Las cavidades kársticas están representadas por restos de pequeñas cuevas freático-vadosas y conductos horizontales freáticos de techo plano y base irregular con secciones pseudoelípticas de alturas inferiores o del orden de un metro y anchuras algo superiores, ligados directamente al nivel del mar en ese momento.

En los restos de cuevas mejor conservados de esta fase, se reconoce uno correspondiente a la zona más al interior de una pequeña cavidad de orden métrico. En éste se encuentra un relleno basal de arenas marinas, con ligera pendiente deposicional hacia el centro de la cavidad que, por lo expresado antes, representa un máximo transgresivo a + 21 m. Las arenas están recubiertas por espeleotemas de calcita pavimentarios (corteza estalagmítica de espesor centimétrico) y cenitales de origen vadoso, generados en la fase regresiva posterior, cubiertos parcialmente a su vez por un depósito arcilloso continental de escasa entidad.

Asociados a éstas formas se encuentran una serie de tubos verticales de sección circular (diámetro 1 m) de origen vadoso generados sobre diaclasas que, partiendo de la plataforma de la 1ª fase de + 25 m, alcanzan el nivel de karstificación horizontal de la 2ª fase, comunicandose o no con los conductos horizontales de ésta, y profundizando por debajo de éstos, al menos hasta sobrepasar los niveles de las siguientes fases que se comentan a continuación.

3ª Fase. - Nueva fase de karstificación de características análogas a la anterior, aunque con un menor desarrollo de las cavidades horizontales de la zona de mezcla, que marcan un nivel del mar a + 19 m, conservandose tambien en una de ellas un depósito reducido de arenas marinas.

4ª Fase. - Los vestigios de esta fase se reducen a restos de un pequeño covacho freático-vadoso practicamente desaparecido por erosión y retroceso del cantíl, en cuyo interior se conserva un depósito de arenas marinas recubiertas por una corteza estalagmítica de potencia centimétrica a una cota de + 17 m. Asociada al nivel de la

cueva anterior, hacia el interior de la cantera, queda marcada en la roca del sustrato una estrecha línea de disolución, horizontal y discontinua, de pocos centímetros de altura, con algún ensanche en las zonas de conexión con los tubos verticales. Estas formas y depósitos corresponden con una fase menos desarrollada que las anteriores, en las que el nivel del mar permaneció menos tiempo a esa altura, o bien, los restos observables pertenecen al extremo interior de la karstificación por lo que la línea de costa se situaría unos metros más al exterior.

En el flanco N de la cantera es apreciable como los tubos presentan una ligera desviación de la vertical debida a un basculamiento hacia el NO de todo el bloque.

Los procesos kársticos relacionados con los niveles de + 3 m y + 0.5 m: nivel de -0.5 m.

Afectando a las plataformas o rasas de erosión marina de + 3.0 m y de 0.50 m, aparte de otras formas kársticas, se encuentran tubos verticales de disolución, análogos a los descritos antes aunque de menor tamaño, con diámetros de 0.15 m a 0.30 m y profundidad variable que en su extremo inferior presentan un ligero estrechamiento con forma de menisco.

Partiendo de que la formación de los tubos se produce por disolución vertical en condiciones vadasas hasta la superficie del freático en su conjunción con la línea de costa, y que a partir del socave inicial del oleaje, en la zona ya citada de confluencia de frático-nivel del mar-haloclina, se desarrollan cavidades horizontales, en la rasa de + 3 m y en la de 0.5 m encajada en ella, existen una serie de tubos verticales cuyo análisis permite deducir la existencia de un nivel marino a -0.5 m.

Los tipos de tubos que se han distinguido corresponden a lo siguiente:

A. - Tubos que partiendo de la superficie de la plataforma erosiva de + 3.0 m, penetran verticalmente alcanzando el techo de una cavidad horizontal situada a + 0.50 m, prolongándose despues en la misma vertical a partir del suelo de la cavidad citada hasta el techo de otra cavidad tambien horizontal a -0.50 m. Dichos tubos presentan una sección troncocónica entre + 3 m y + 0.5 m, mientras que es cilíndrica por debajo de + 0.5 m hasta -0.50m.

La formación de estos tubos se interpreta como generados a partir de la superficie de la plataforma emergida de + 3.0 m, en la que se inicia la formación de los tubos que penetran en la roca hasta alcanzar el techo de las cavidades horizontales que se están formando a nivel del mar a una cota de -0.50 m. Dichos tubos terminan en forma de menisco al alcanzar dicho techo. Posteriormente en la subida e instalación del nivel del mar a + 0.5 m, la formación de cavidades horizontales correspondientes a ese momento cortan en su desarrollo a los tubos preexistentes y éstos a su vez se ensanchan y evolucionan a secciones troncocónicas desde el techo de estas cavidades hasta la superficie.

Dicho nivel de -0.5 m debe ser por tanto anterior a la transgresión de + 0.5 m, puesto que las cavidades horizontales correspondientes a este último nivel cortan los tubos sin que se observe el menisco final citado, y por otra parte, la remodelación troncocónica de dichos tubos solo se produce en el tramo superior de los mismos, entre + 3.0 m y + 0.5 m correspondiendo con la instalación del nivel de + 0.50 m.

Por ello, estos tubos se interpretan como generados en una fase en la que estando ya construida la plataforma de + 3.0 m, el nivel del mar se encontraba a -0.5 m.

B. - Tubos también formados a partir de la rasa de + 3 m, estando ésta ya emergida, que penetran desde la superficie de la misma hasta alcanzar la cavidad horizontal relacionada con el nivel de + 0.5 m, que se está formando o se acaba de formar en ese momento, es decir corresponden en el tiempo con el nivel de + 0.5 m. Presentan en su base un ligero "menisco" indicador de que la excavación del tubo se produjo verticalmente hasta alcanzar el techo de la cavidad horizontal generada en la ya citada zona de "mixing" correspondiente a + 0.5 m.

C. - Se trata de un caso particular del anterior en el que entre + 0.5 y -0.5 se produce el colapso parcial de los materiales que los separan.

En resumen, el análisis de las relaciones de los tubos con las cavidades horizontales pone en evidencia la existencia de dos niveles marinos posteriores al de + 3.0 m: un nivel marino situado a -0.5 m y otro posterior a + 0.5 m.

En los tubos más recientes (B) se observa en algunas zonas procesos de precipitación de carbonatos forrando ligeramente las paredes del tubo e incluso rellenos detríticos arenosos-arcillosos continentales posteriores, procedentes de derrames de los materiales situados más al interior.

Cantera Cañizares

Situada al interior y en la parte alta de Punta Camarinal, a la cota de + 67 m. En esta zona existen deformaciones por colapsos de tipo gravitacional que afectan a parte de los depósitos detríticos situados sobre las areniscas bioclásticas miocenas, tanto al depósito conglomerático marino de edad pliocena que las fosiliza, como al depósito detrítico con una alteración edáfica (paleosuelo ?) asociada al mismo, existiendo por encima de éstos un conglomerado de matriz arenosa arcillosa amarillenta y unas arenas eólicas grises, ambos de escasa potencia y no afectados por dichos colapsos. En la discontinuidad entre los depósitos afectados y no afectados por el hundimiento se encuentra industria calcolítica, mientras que a techo del microconglomerado y cubiertos por las arenas eólicas aparecen restos romanos. De la edad de estos procesos solo puede decirse que es posterior al paleosuelo y anterior al calcolítico.

Este tipo de formas pueden ser atribuidas a dos tipos de procesos:

1. - Se trata de dolinas de hundimiento de pequeño diámetro pertenecientes a un karst cubierto, posiblemente relacionadas genéticamente en una primera fase con tubos verticales como los ya descritos que han evolucionado en el tiempo ampliando su diámetro por disolución, conectados en su parte inferior con cavidades de desarrollo horizontal. Se trataría por tanto de colapsos gravitacionales a favor de la existencia de cavidades kársticas infrayacentes.

2. - Corresponden a colapsos de dolinas como el caso anterior pero provocados por causas sísmicas o bien a colapsos por estas mismas causas en materiales aún no litificados. A favor de hipótesis sísmica están los repliegues e interdigitaciones en forma de pluma de los materiales detríticos superiores. La opción de que los materiales no estuviesen litificados se descarta puesto que para el momento en que estos colapsos se producen las areniscas ya estaban cementadas.

Dadas las características de la zona, estas formas pueden deberse a cualquiera de estos dos tipos de procesos: colapsos gravitacionales o sísmicos e incluso a la actuación mixta de ambos.

LOS NIVELES KARSTICO-MARINOS DE GIBRALTAR

Las fases de karstificación antigua y su relación con los niveles del mar

El gran bloque carbonatado jurásico, alargado y estrecho, orientado N-S, de algo más de 4 km de longitud por 1 km de anchura máxima y 424 m de altura que constituye el Peñón de Gibraltar, se encuentra fuertemente karstificado según la recopilación y los propios trabajos realizados por Rose y Rosenbaum (1991).

En relación con los niveles marinos es significativo señalar que debido a su aislamiento de otras formaciones calcareas o permeables de las que pudiera recibir potencialmente aguas subterráneas, la alimentación del karst del Peñón ha sido siempre por agua de lluvia o de condensación, marcando el nivel del mar en cada momento su nivel de base kárstico, con una superficie piezométrica interior al macizo próxima a éste, ya que el mar lo rodeaba en las etapas que era una isla, y prácticamente lo rodea hidrogeológicamente ahora y en las etapas cuaternarias en las que estuvo unido al continente por un istmo, puesto que los depósitos del mismo, excepto algún nivel de fangos arcillosos, son arenosos y lo suficientemente permeables para contener agua del mar.

En el complejo sistema kárstico de St. Michael's Cave es importante destacar también, en relación con las altas paradas del nivel del mar, la existencia de al menos dos grandes fases de karstificación situadas a cotas diferentes y separadas por una intermedia de menor entidad, en las que se generaron cavidades y conductos de amplio desarrollo horizontal y techos situados sensiblemente a la misma altura,

siendo todos ellos freáticos en su origen con evolución posterior en ambiente vadoso. De las tres etapas de karstificación citadas, la más alta y más antigua corresponde con el conjunto de conductos y salas de Leonora's Cave y Lower St. Michael's Cave, con cotas aproximadas en torno a los 190 m, estando ya por entonces en ambiente vadoso las salas de Old St. Michael's Cave. La fase intermedia se corresponde con una serie de conductos por encima de New St. Michael's Cave con una cota ligeramente superior a los 100-110 m. Finalmente la tercera gran fase, con más amplio desarrollo, corresponde con el conjunto de cavidades alineadas con New St. Michael Cave, cuyos conductos y cavidades se sitúan hasta unos 20 m por debajo de la plataforma de Windhill Hill Flats.

Los conductos de las tres fases de karstificación se encuentran ligeramente basculados hacia el Norte siendo la inclinación de la primera ligeramente superior a las de las segunda y tercera, por lo que la primera debió haber sufrido un cierto basculamiento ya antes de generarse la segunda.

Estas fases de karstificación marcan a su vez tres etapas amplias en el tiempo de estabilidad del freático y por tanto del nivel del mar, que aunque a una cota inferior debería estar próxima a éste. Las dos etapas marinas más antiguas de alto nivel del mar podrían ser asimilables a las propuestas por Vail & Hardenbol (1979) para el Plioceno inferior (Zancliense) y la tercera para el Pleistoceno inferior.

En este sentido, también en Martin's Cave a + 180-190 m, correspondiente a la primera etapa, se cita (Rose & Rosenbaum, 1991) la existencia de arenas bioclásticas conteniendo cantos rodados de hasta 10 mm de diámetro.

Los niveles kárstico-marinos del Pleistoceno Medio-Superior

Por todos los flancos del Peñón existen secuencias de niveles marinos- continentales asociados al karst con edades de Pleistoceno medio a Pleistoceno superior, siendo las más representativas y mejor conocidas por su contenido paleontológico y arqueológico la de Devil's Tower Cave (Garrod, 1928) por el Norte, y la de Gorham's Cave (Waechter, 1951) por el Este, así como la situada en Punta Europa (Deadman's Beach) por el Sur.

Deadman's Beach

En el extremo Sur de Punta Europa, entre la plataforma marina de +15-17 m y el mar, se ha detectado una secuencia de eventos marino-continentales relacionados con el karst. Por debajo de dicha plataforma, asociados a oquedades y grietas kársticas verticales relacionadas con una cavidad más amplia hoy desmantelada, se encuentran los siguientes depósitos:

a) Restos de un primer depósito marino a +11.0 m que corresponde a un conglomerado con fauna que rellena una concavidad kárstica.

b) A cota más baja, los restos de una cavidad más amplia que la anterior de 1,5 m de altura, se encuentra rellena por un primer depósito marino de cuya base se sitúa a 8.5 m, estando datado en 177.000 ± 3.500 yr.B.P. Lo cubre una corteza estalagmítica de 0.10 a 0.15 m, sobre la que se apoya otro depósito de características marinas que fosiliza totalmente el covacho alcanzando una cota de +10.0 m.

c) Por debajo de los anteriores, en los restos de un conducto kárstico vertical se distinguen los siguientes materiales de muro a techo:

- Conglomerado marino con fauna relleno de la base de la cavidad hasta la cota de +5.25 m. Datado en 92.500 ± 1.500 yr.B.P.
- Corteza estalagmítica parietal-pavimentaria, vadosa y policíclica que cubre dicho depósito marino. Datado su inicio en 76.000 yr.B.P. y su parte superior en 41.000 yr.B.P.
- Arcillas rojas con intercalaciones de finos niveles milimétricos carbonatados.
- Fase erosiva que afecta a parte del depósito anterior.
- Corteza estalagmítica de la misma naturaleza y procedencia que la anterior, cuyas primeras fases de precipitación recubren los restos del depósito anterior y las terminales se intercalan con un nuevo depósito detrítico arcilloso kárstico.

d) Practicamente a la misma altura que la base del conjunto anterior, se encuentra una concavidad erosiva en el sustrato calcareo que contiene sedimentos marinos de la misma naturaleza que en c), recubierto por arcillas rojas con algunos cantos calcareos.

e) Plataforma de erosión y depósito marino de +3.0 m.

f) Socave de erosión marina a +1.0 m.

Las cortezas estalagmíticas citadas corresponden a espeleotemas vadosos que necesariamente se forman en el interior de cavidades kársticas por lo que todos los depósitos citados de los apartados a,b,c y d, se formaron en el interior de una cueva aunque de reducidas dimensiones, en la que dichos depósitos corresponden a testigos conservados en su parte más interna. Antes o durante la generación del nivel de + 3 m, se produjo el desmantelamiento de la cueva.

templadas mientras que los aportes eólicos corresponderían con fases más frías en momentos bajos del nivel del mar, con la emersión de una plataforma de deflación que permitiese dichos aportes.

Gorham's Cave

Es una cueva de considerables dimensiones situada en la base del acantilado oriental del Peñón, generada a favor de una fractura de dirección ESE. En ella se conserva un importante yacimiento arqueológico con industrias del Paleolítico medio, superior y postpaleolíticas incluidas en una secuencia de depósitos sedimentarias de más de 10 m de potencia que representan prácticamente la totalidad de la glaciación Würmiense (Pleistoceno superior) y Holoceno (Waechter, 1951). La cueva debió tener mayores dimensiones en la zona externa como demuestran los testigos de sedimentos cementados y adosados a la roca existentes en el actual acantilado y los depósitos interiores se extenderían hacia el exterior y no formarían el talud erosivo actual.

De la secuencia sedimentaria publicada es de destacar que los depósitos continentales se apoyaban en un depósito marino horizontal a una cota de +9.7 m sin más referencias a la posible existencia de sedimentos infrayacentes. Los depósitos continentales correspondían fundamentalmente a arenas eólicas con la incorporación esporádica de elementos autóctonos gravitacionales, que al menos en los niveles basales más ricos también en arcillas kársticas presentan evidencias de estar relacionados con procesos de gelivación sobre todo los de pequeña talla. Dichos aportes eólicos, con interrupciones internas, cementaciones y removilizaciones llegaron a construir una duna interna a la cueva que casi la fosilizó como ocurre en otra cueva vecina. Por la industria y fauna estos sedimentos se atribuyeron a la glaciación Würmiense y el nivel marino al entonces Monasteriense del último interglaciar, correspondiendo los aportes eólicos con la existencia de una plataforma litoral emergida durante la regresión Würmiense. Posteriormente se obtuvieron dos fechas de C^{14} para un Paleolítico superior indeterminado (28.000 yr.B.P.) y para el nivel Musteriense más moderno (47.000 yr.B.P.).

Actualmente, para este trabajo se ha determinado la existencia de tres niveles marinos en la zona exterior de la cueva. El más bajo de ellos a +1.5 m está claramente cubierto por unas arenas eólicas de escasa potencia, a las que le siguen unas arcillas asalmonadas de origen kárstico, fuertemente cementadas, que engloban cantos y bloques de caliza dispersos de origen gravitacional. Este nivel está datado en 78.000 ± 1.000 yr.B.P. y 33.000 ± 500 yr.B.P., edades que solo permiten determinar el límite cronológico superior.

Labrados en este depósito de arcillas asalmonadas y alcanzando a veces la erosión hasta la roca calcarea, se han señalado otros dos niveles marinos más. Uno a

+2.5 m del que se conservan restos de conglomerado marino en el fondo del socave, y otro, a +5.0 m del que solo se conserva la morfología del socave.

Hay que señalar que el nivel de arcillas asalmonadas no ha podido ser detectado debajo de la antigua secuencia ya que ésta se encuentra actualmente derrubida y cubierta. No obstante la aparente continuidad en la vertical de los testigos sedimentarios encostrados adosados a la pared Norte de la cueva parecen indicar que éstas podrían formar parte de la base de los depósitos sobre los que se sustenta el nivel de +9.7 m, por lo que entonces el nivel de +1.5 debe ser anterior. Por otra parte si dichas arcillas correspondiesen a la erosión de los depósitos ya formados hasta después del nivel de +9.7 m, incluirían clastos marinos de dicho depósito, hecho que no ocurre. Sin embargo las edades determinadas para el episodio de +1.5 m y las obtenidas para el nivel de +8.5 m en Deadman's Beach (177.000 yr.B.P.) correlacionable con el de +9.7 m de Gorham indican todo lo contrario, por lo que dicho episodio de +9.7 m estaría representado por un depósito marino relicto y colgado en el interior de la cueva en el que se encajaron los siguientes niveles marinos.

Ensayo de correlación

Un intento de correlación entre los depósitos de las localidades citadas puede aproximarse a lo siguiente:

1) El nivel de +11.0 m en Punta Europa (Deadman's Beach) puede correlacionarse con el de 10.5 m de Devil's Tower Cave.

2) El nivel de 8.5 m de Punta Europa con una edad de 177.000 yr.B.P. tendría su correspondencia con el nivel 6 de litófagos de Devil's Tower Cave y el de 9.7 m de Gorham's Cave.

3) Los niveles de +5.0 m de Gorham y +5.25 de Deadman's Beach corresponderían a un mismo episodio datado en 92.500 yr.B.P.

4) El nivel de 1.5 m de Gorham con un límite superior de 78.000 yr.B.P. sería anterior al de 2.5 m excavado sobre las arcillas asalmonadas que cubren al primero.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro de los proyectos de la DGICYT PB92-0023, PB92-0282 y proyecto de la CEE CEPL93-2457, formando parte del proyecto 367 del IGCP.

BIBLIOGRAFIA

- Bögli, A. (1980). *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer Verlag, Berlin.
- Garrod, D.A.E.; Buxton, L.H.D.; Smith, G.; Elliot & Bate D.M.A. (1928). Excavation of a Mousterian Rock-shelter at Devil's Tower, Gibraltar. *J.Roy.anthrop.Inst.*, London, 58, 33-113.
- Mylorie, J.E. & Carew, J.L. (1990). The flank margin model for dissolution cave development in carbonate plataforms. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15, 413-424.
- Rose, E.P.F. & Rosenbaum M.S. (1991). *A field guide to the Geology of Gibraltar*. The Gibraltar Museum, 192 pp.
- Waechter, J.D. (1951). Excavations at Gorham's Cave, Gibraltar. *Proc. prehist. Soc.*, 17, 83-92.
- Vajl, P.R. & Handerbol, J. (1979). Sea-level changes during the Tertiary. *Oceanus*, 22, 71-79.
- Zeuner, F.E. (1954). The Chronology of the Mousterian at Gorham's Cave, Gibraltar. *Proc. prehist. Soc.*, 19, 80-88.