

ESTRATIGRAFÍA DEL YACIMIENTO DE LA COVA DES FUM (Sant Llorenç, Mallorca)

por Angel GINÉS (*) (**) y Lluís Antoni Fiol (**)

Resum

En aquest treball se descriu l'estratigrafia de Sa Cova des Fum (Sant Llorenç, Mallorca) i s'intenta una interpretació que ajudi a aclarir l'interessant conjunt de sediments que omplen gairebé per complet la citada cavitat càrstica. Els fòssils trobats a qualque nivell de l'estratigrafia, i especialment la presència de *Myotragus antiquus*, són la base de un primer esbós de cronologia, que presentam a continuació de la part descriptiva d'aquest estudi. Endemés, tenint en compte criteris geomorfològics que consideren l'ubicació de la cova respecte dels nivells de base vigents durant el Pleistocè, suggerim que el jaciment de Sa Cova des Fum pot contenir restes de *Myotragus* molt anteriors al Pleistocè mig (possiblement depositats durant la transició Plio-quatèrnaria).

Abstract

The stratigraphy of Cova des Fum (Sant Llorenç, Mallorca) is described, and an interpretation is advanced that takes into account the interesting grouping of sediments that almost entirely fills this karstic cavern. Vestiges of fossil organisms found on some of the stratigraphic levels—especially the presence of *Myotragus antiquus*—provide the basis for an initial chronological sketch, which accompanies the descriptive part of this study. Moreover, following geomorphological criteria that consider the location of the cave with regard to base levels existing during the Pleistocene, we suggest that the Cova des Fum deposits may contain remains of *Myotragus* that are considerably prior to the middle Pleistocene (probably deposited during the Plio-Quaternary transition).

I. Introducción

Durante los cuatro últimos años se ha producido un considerable avance en el conocimiento de las formas ancestrales del género *Myotragus* Bate. Buena parte de esta información, obtenida tan recientemente, procede del estudio de varios yacimientos de origen càrstico que, además de haber proporcionado material paleontológico muy significativo desde el punto de vista de la evolución de *Myotragus*, constituyen por sí mismos registros geocronológicos que abarcan épocas bastante remotas de la carstificación en Mallorca.

Es muy probable que los conjuntos estratigráficos encontrados en la Cova des Fum (Sant Llorenç) y en la Cova de Canet (Esporles) lleguen a convertirse en auténticas pautas cronológicas, con vistas a la interpretación de las incidencias que, los climas y los niveles de base del Plioceno y Pliocuaternario, han debido de tener sobre antiguos aparatos càrsticos, que empezaron a desarrollarse quizás ya en tiempos de la transición Miopliocena. Por otra parte, el hecho de que las muestras paleontológicas halladas en ambos yacimientos permitan atribuir los restos fósiles de mayor tamaño a la especie *Myotragus antiquus*, hace que cualquier intento de obtener criterios para conseguir una datación lo más ajustada posible adquiera un extraordinario interés. En efecto, si se lograra correlacionar cada una de las formas co-

(*) Grup Espeleològic EST. Palma de Mallorca.

(**) Sociedad de Historia Natural de Baleares.

nocidas del género *Myotragus* con los respectivos episodios geológicos del Plioceno y Pleistoceno mallorquín, obtendríamos un valioso instrumento estratigráfico capaz por sí solo de facilitar información sobre la edad de un determinado estrato fosilífero. Del mismo modo, cualquier precisión que se pudiera deducir acerca del marco paleosedimentario de cada yacimiento considerado, traería consigo implicaciones de orden cronológico, las cuales obviamente deberían ser compatibles con el modelo evolutivo aplicable para los vertebrados fósiles mallorquines, pero también con la historia geomorfológica y los eventos climáticos del Cuaternario.

Siguiendo con el planteamiento indicado más arriba, disponemos en la actualidad de algunos datos cronológicos provenientes de los estudios realizados por el profesor J. S. Kopper a partir de muestras de los sedimentos que fosilizan el tramo terminal de la Cova de Canet. Las fechas obtenidas fueron el resultado de la utilización de técnicas de datación basadas en el paleomagnetismo remanente natural (NRM) y aparecen publicadas en PONS, MOYÀ y KOPPER (1979). Por el contrario, los materiales que colmatan el sector oriental de la Cova des Fum carecen, hasta el presente, de un estudio descriptivo detallado, y lo único que se conocía a nivel bibliográfico (MOYÀ y PONS, 1979) era la presencia de una brecha osífera conteniendo gran cantidad de fragmentos de *Myotragus antiquus*. En cuanto al esquema evolutivo del género *Myotragus*, los trabajos de MOYÀ y PONS (1980, 1981) han delimitado algunos caracteres morfológicos y biométricos que permiten acotar el curso seguido por la evolución de las especies (*M. antiquus*, *M. kopperi*, *M. batei*) que condujeron, ya en el Pleistoceno medio, a *M. balearicus* Bate.

La Cova des Fum es conocida de antiguo, habiendo sido objeto de explotación como cantera de piedra ornamental en un pasado no muy lejano. Aparece ya catalogada en la «Primera relación del inventario espeleológico de Mallorca» (GINÉS y TRIAS, 1972), pero no fue hasta hace cuatro años cuando el compañero Jaume Roselló (de Son Carrió) puso en conocimiento del Speleo Club Mallorca la existencia de un acúmulo de huesos fósiles presente en las inmediaciones de la entrada de la caverna. Las posteriores observaciones del yacimiento fueron efectuadas por Joan Pons y Salvador Moyà, quienes atribuyeron los ejemplares procedentes del depósito osífero de la Cova des Fum a la especie *M. antiquus*.

En opinión de MOYÀ y PONS (1979), los especímenes extraídos de la bolsa fosilífera de la Cova des Fum muestran características morfológicas y biométricas bastante similares a los del nivel J (capa inferior conteniendo *Myotragus*) de la Cova de Canet. Por otra parte conviene subrayar

aquí que, según los estudios de paleomagnetismo llevados a cabo por John S. Kopper, la edad del nivel J de Canet se situaría en torno a los dos millones y medio de años, dentro de la etapa Gauss de geomagnetismo. Por consiguiente, si tenemos en cuenta la semejanza morfológica existente entre los materiales del rupicaprino fósil procedentes de la Cova des Fum y los del nivel J de la Cova de Canet, y si añadimos a ello que la deposición de la brecha osífera de la Cova des Fum quedó interrumpida bruscamente por un episodio de fosilización, a cargo de arenas alóctonas de origen marino, se comprenderá que cualquier tentativa de correlacionar ambos registros y de datar sus diferentes niveles estratigráficos podría aportar criterios de gran utilidad; especialmente en lo que respecta a la asignación de edades absolutas fiables a cada uno de los distintos estadios evolutivos del género *Myotragus*, que en la actualidad comienzan a ser conocidos con cierto detalle.

Nuestra pretensión, en el momento de redactar este trabajo, se centra sobre todo en la necesidad de que la interesante secuencia estratigráfica que contiene la Cova des Fum quede adecuadamente descrita. Para tal fin, facilitaremos algunos datos que permitan situar el entorno geográfico y topográfico del yacimiento, así como también una detallada enumeración de los niveles, representados en el corte estratigráfico, que las obras de cantería realizadas junto a la cueva dejaron al descubierto. Además de los elementos descriptivos que hemos reunido en el siguiente apartado, desarrollaremos a continuación un modelo interpretativo, atendiendo a una serie de argumentos espeleocronológicos; modelo que puede servir de base a posteriores aproximaciones menos especulativas.

II. Descripción de la estratigrafía

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA DEL YACIMIENTO

La Cova des Fum se localiza en las inmediaciones de Son Carrió; dentro del término municipal de Sant Llorenç des Cardassar. Aparece registrada en el «Inventari Espeleològic de les Balears» (TRIAS, PAYERAS y GINÉS, 1979), habiendo sido citada también en el «Catálogo de los yacimientos con fauna de vertebrados del Plioceno, Pleistoceno y Holoceno de las Baleares» (MOYÀ y PONS, 1979).

La boca actual de la caverna, orientada aproximadamente hacia el Nordeste, está bastante modificada por las obras de explotación de una cantera hoy abandonada, y se abre en lo alto de un montículo que constituye la estribación occidental

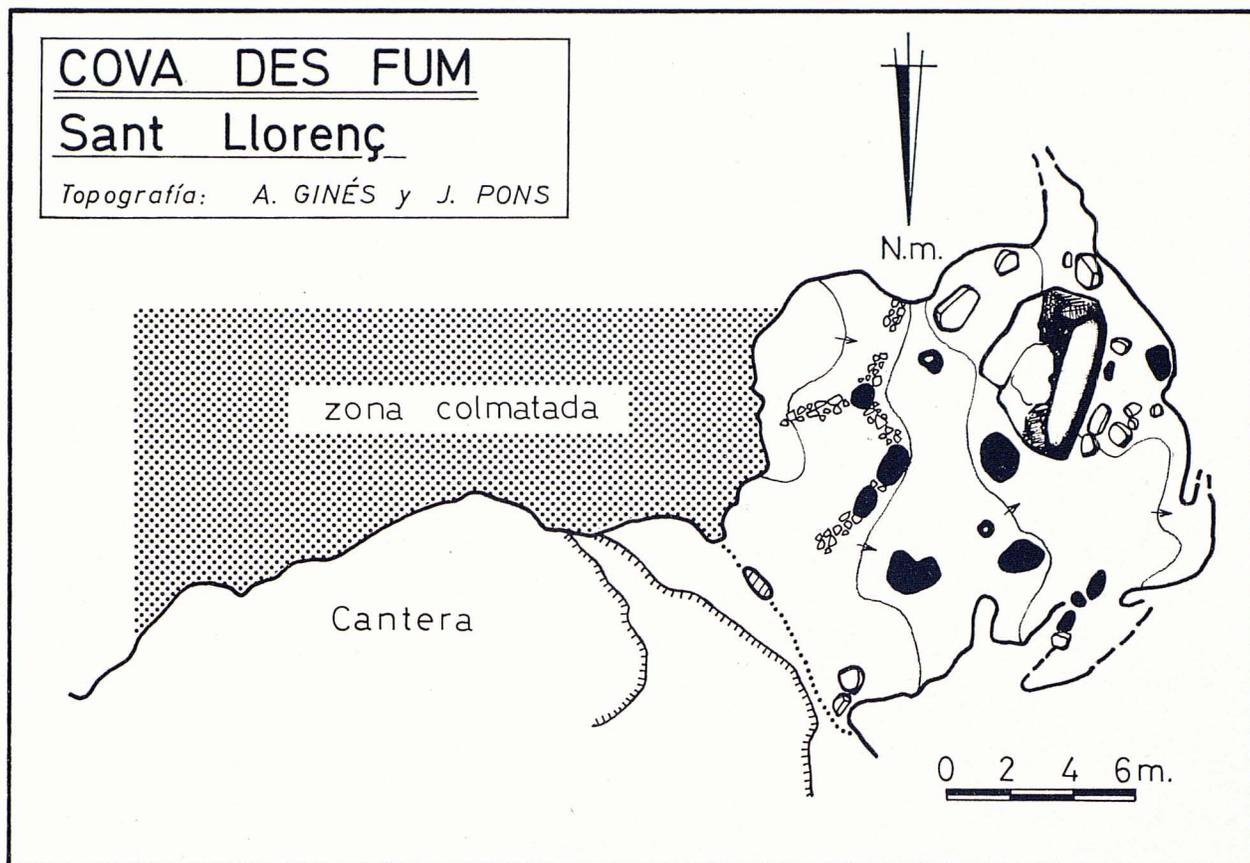


Figura 1: Topografía de la Cova des Fum (Sant Llorenç des Cardassar). La zona tramada corresponde al sector que resultó colmatado por completo de sedimentos, y que fue puesto al descubierto por el corte artificial practicado por los trabajos de explotación de la cantera.

del Puig de Son Manxo. El emplazamiento de la entrada de la cueva dista apenas cinco kilómetros con relación a la línea de costa del Levante mallorquín, donde se encuentran consignados abundantes yacimientos correspondientes a depósitos de playa del Pleistoceno medio y superior. Es interesante constatar que las cotas delimitadas por los yacimientos de la zona guardan una perfecta correlación altimétrica con las cotas atribuidas para los episodios interglaciares en el resto de la isla. Ello significa que previsiblemente el sector de costa cercano a la cueva se ha mantenido estable, desde el punto de vista tectónico, durante por los menos los últimos cuatrocientos mil años.

La faja costera comprendida entre Porto Cristo y la Punta de n'Amer se caracteriza por constar de dos unidades geomorfológicas muy diferenciadas. La más interior de ellas consiste en una alineación de colinas de aspecto redondeado, cuyas alturas medias no superan los 140 metros, las cuales forman parte integrante de las Serres de Llevant; más concretamente de la Segunda Serie tectónica de DARDER (1925). Los materiales que aparecen incluidos en los pliegues van desde

el Triásico de facies dolomítica hasta las margas y areniscas grises del Burdigaliense medio, presentando en conjunto una gran complejidad debido a que la orogénesis alpina se manifiesta en abundantes cabalgamientos y pliegues-falla. Hacia el exterior, la plataforma de calcarenitas transgresivas, estratificadas horizontalmente y pertenecientes al Tortoniense post-orogénico, da lugar a una fisonomía plana y monótona sólo interrumpida por los cauces, más o menos encajados, de los torrentes de n'Amer y de na Llebrona y por las formaciones litorales propias de una costa baja y poco articulada (ROSSELLÓ-VERGER, 1962).

La disparidad entre las unidades interior y costera, que acabamos de enunciar, se hace muy patente a simple vista, ya que al relieve suave y ondulado que muestran las alineaciones montañosas del Puig de Son Manxo, Puig de Son Tovell, Puig de ses Talaies, etc. se contraponen la superficie plana y rasante, algo inclinada en dirección a la línea de costa, con que se disponen los materiales del Tortoniense. Se trata de un conjunto de calcarenitas, lumaquelas y calizas arrecifales que forman una extensión bastante nivelada en

torno a la altitud media de los 25 metros aproximadamente, rodeando a modo de orla las estribaciones orientales de las colinas que, como hemos indicado, pertenecen al sistema orográfico de las Serres de Llevant. Recordemos que la Cova des Fum está situada en la cota de los 82 metros (sobre el nivel del mar), en la ladera que mira hacia el plano aluvial de Son Carrió.

La Cova des Fum, según los datos contenidos en la hoja n.º 700 del Mapa Geológico (ESCANDELL y COLOM, 1962), está excavada en calizas grises compactas del Jurásico superior (Malm). La cavidad se compone, a grandes rasgos, de una sala descendente de dieciocho metros de largo por quince de ancho (Figura 1), que se desenvuelve (según parece) siguiendo el buzamiento de los estratos.

Los trabajos de cantería llevados a cabo justo al lado de la cueva pusieron al descubierto un considerable depósito de coladas estalagmíticas, que en algunos puntos llega a alcanzar los tres metros de potencia. Mientras en el sector occidental de la cavidad (véase Figura 2) esta gruesa capa de coladas pavimentarias constituye todavía el suelo actual de la cueva penetrable, en el sector oriental por el contrario las acumulaciones estalagmíticas, junto con otros sedimentos autóctonos que luego describiremos con mayor detalle, colmataron el antiguo cavernamiento hasta obturarlo por completo (Foto 1). En la actualidad el entorno de la Cova des Fum está apreciablemente alterado, siendo imposible reconocer la originaria disposición que debía presentar la entrada de la caverna. Sin embargo la explotación de los estratos estalagmíticos y de su prolongación hacia el Este (Figura 1), ha facilitado un corte artificial de la estratigrafía en un lugar que en otro tiempo constituyó, con bastante probabilidad, la primitiva zona de ingreso a través de la cual penetraron los materiales alóctonos de relleno (limos con *Myotragus* y arenas de origen marino). Es en este sector oriental de la cantera de la Cova des Fum donde se encuentra el afloramiento fosilífero motivo del presente estudio.

APUNTES SOBRE LA NATURALEZA DEL DEPÓSITO FOSILÍFERO

El conjunto estratigráfico de la Cova des Fum se caracteriza por una espectacular secuencia, constituida por ocho fases de sedimentación hipogea, en la que la alternancia entre materiales de origen alóctono y depósitos autóctonos de precipitación química (espeleotemas) se pone de manifiesto de una manera muy ilustrativa. Nos encontramos ante un ejemplo de cavidad cárstica donde concurren algunas de las diversas modalidades de sedimentación subterránea en las que

predomina el componente exterior a la cueva (tal es el caso de las arenas de origen marino, la brecha osífera y los limos con gasterópodos), mientras que otros tantos episodios de estalagmitización, intercalados en la secuencia, representan el elemento autóctono y específicamente cárstico de esta estratigrafía (ver Foto 1 y Figura 2).

Otros aspectos descriptivos, que conviene precisar aquí, se refieren a la potencia total del conjunto estratigráfico, que podemos evaluar en un máximo observable de siete metros (si consideramos el área que aparece seccionada por el corte artificial de la cantera), y también concierne a las relaciones geométricas existentes entre los sedimentos alojados en la cueva y los elementos básicos que determinan el vacío que la constituye en definitiva (boca, suelo y techo de la primitiva cavidad, principalmente). Aunque disponemos de pocas evidencias sobre la evolución topográfica de la entrada de la caverna, debido al desmantelamiento producido por las obras de cantería, suponemos que la primitiva boca de la Cova des Fum ha ido migrando (durante el Cuaternario) a partir de la extremidad oriental hacia el sector W. de la cueva, al tiempo que se iba realizando la colmatación progresiva de los sectores inmediatos a ella. Tampoco podemos pasar por alto el hecho, muy significativo, de que tan sólo tenemos acceso a la zona más superficial del conjunto de sedimentos hipogeos que fueron rellenando la Cova des Fum. Por lo tanto ignoramos en realidad el contenido y las dimensiones efectivas de la totalidad de materiales acumulados en la cavidad, en la medida en que el corte artificial no llega a mostrar el suelo de roca encajante, y ni tan siquiera aparece visible el importante estrato de bloques que cabría esperar en correspondencia con los mecanismos de morfogénesis clástica (*incasion* en la terminología de BÖGLI, 1978); los cuales hubieron de protagonizar en su momento el progresivo desarrollo en volumen de la cueva.

Diversos autores han planteado generalizaciones bastante afortunadas acerca de los mecanismos de fosilización, y colmatado subsiguiente, que afectan a las cavidades cársticas; entre ellos se cuentan los escritos de GÈZE (1968), LLOPIS-LLADÓ (1970), SWEETING (1973) y MAIRE (1980). Por ello no nos extenderemos más sobre estas consideraciones globales y nos limitaremos a indicar que el afloramiento de la Cova des Fum es un claro exponente de lo que se ha convenido en denominar «facies de entrada de cueva» (*cave entrance facies*), habiéndose encontrado sometido a las interferencias tanto de los fenómenos de estalagmitización, resultantes de aportes y goteos cenitales, como de los avatares exteriores, que a su vez son expresión indirecta de paleoclimas y otros sucesos geológicos. FORD (1975) y más especial-

mente JENNINGS (1971) han llamado la atención sobre las implicaciones favorables que, los sedimentos de entrada de cueva, brindan al investigador con vistas a su datación y a la obtención de informaciones significativas concernientes al registro fósil, sobre todo de los tiempos plio-pleistocénicos. Es dentro de este contexto que cabe situar el conjunto heterogéneo de sedimentos que componen la estratigrafía de la Cova des Fum.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA

A continuación pasamos a enumerar la secuencia estratigráfica del sector colmatado de la Cova des Fum, tal como nos es accesible en la actualidad a través del corte artificial practicado por los trabajos de la cantera (Foto 1). Abreviadamente hemos incluido algunos apuntes descriptivos que puedan facilitar la identificación de las unidades estratigráficas que la componen (Figura 2), a la vez que pretenden servir de base a las interpretaciones espeleocronológicas que desarrollaremos en el próximo apartado de este trabajo.

Nivel 1. Colada basal. Potente colada estalagmítica que muestra un apreciable bandeado horizontal, a excepción de la parte correspondiente al sector Este; lugar donde la colada se inflexiona describiendo un arco de casi noventa grados. Se trata de una estructura pavimentaria cuyo espesor supera los dos metros, siendo así que la excavación artificial no nos permite observar su límite inferior. El aspecto de la colada es bastante masivo, y consta de grandes cristales de calcita con escasas intercalaciones arcillosas.

Nivel 2. Brecha osífera. Se aloja en una concavidad de la Colada Basal, constituyendo una bolsa de sedimento organogénico formado por numerosos fragmentos de huesos de mamíferos fósiles (Figura 3). La geometría de este interesante depósito se asemeja a un triángulo invertido de dos metros de base por uno de altura. La brecha aparece fuertemente cementada por carbonato cálcico, observándose escasa matriz limosa, hasta tal punto que se podría hablar más bien de



Foto 1: Secuencia estratigráfica de la Cova des Fum vista desde el ángulo oriental de la cantera. La numeración corresponde a la empleada en el texto, así como en la figura 2.



Foto 2: Detalle de la Brecha Osífera (Nivel 2), mostrando la considerable densidad de huesos que componen este afloramiento fosilífero. Obsérvese el bajo porcentaje de matriz que aparece englobando los restos de *Myotragus antiquus*.

huesos cementados que de brecha osífera, ya que en algunos lugares la ingente acumulación de huesos (Foto 2) carece por completo de materiales detríticos que rellenen sus intersticios.

Hacia arriba el límite de la Brecha Osífera se confunde de una manera gradual con el estrato siguiente, si bien localmente se aprecia una cierta discontinuidad delimitada por una delgada corteza calcárea provista de finas laminaciones y de extraños grumos y concreciones. En un primer momento interpretamos su origen como un posible paleosuelo, pero ahora nos inclinamos a considerarla como una precipitación química ocasionada por las aguas de percolación provinientes del nivel arenoso suprayacente.

Llegados a este punto de la descripción del yacimiento, será oportuno dedicar varias líneas a comentar los materiales paleontológicos que han sido extraídos de la Brecha Osífera. Conviene hacerlo así con el propósito de encuadrar los rasgos morfológicos que presentan los restos fósiles encontrados en este afloramiento, dentro del marco general de la evolución del género *Myotragus*. Este planteamiento permitirá luego establecer y debatir las implicaciones cronológicas a que haya lugar.

Los datos proporcionados por nuestro compañero Joan Pons nos informan de que, hasta la fecha, se han logrado extraer numerosos fragmentos de huesos largos, así como más de un centenar de incisivos y otros tantos molaes, atribuibles todos ellos a la especie *Myotragus antiquus*. Los huesos largos, cuyo índice de robustez es menor (MOYÀ, 1978) que en *M. balearicus*, aparecen bastante fragmentados si bien la conservación de astrágalos, metacarpos y calcáneos es mucho mejor, por tratarse de huesos de conformación bastante masiva. También se han obte-

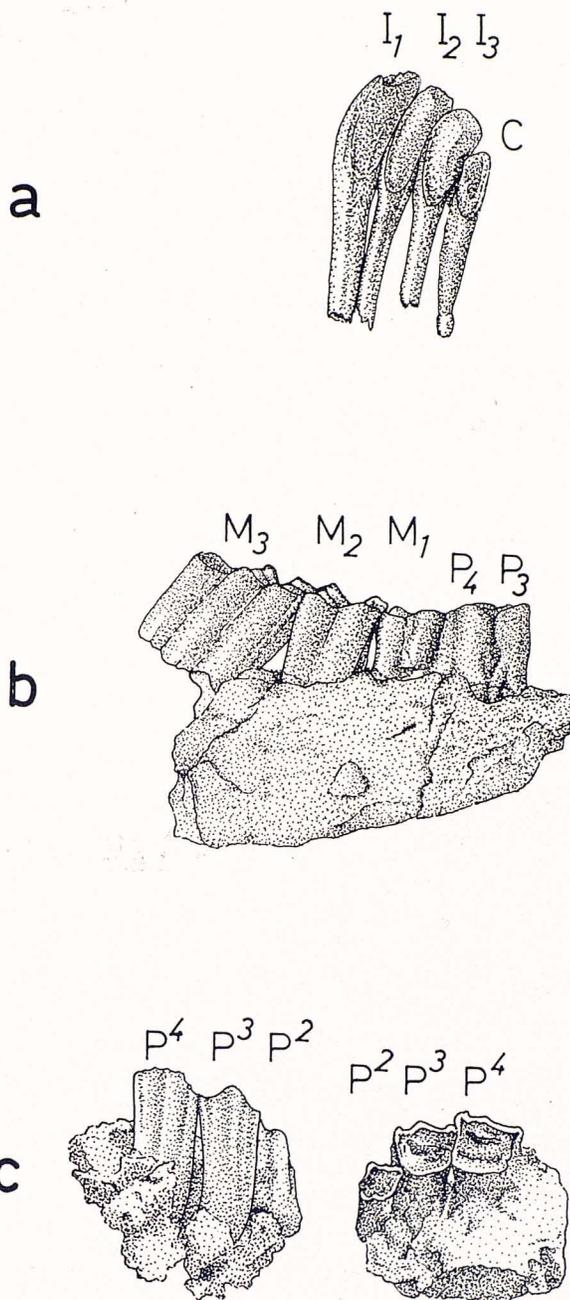


Figura 3: Muestras significativas de *Myotragus* obtenidas en el yacimiento de la Cova des Fum.

- a.—Serie canino-incisiva de la primera dentición de *Myotragus antiquus*, reconstruida a partir de restos procedentes de varios individuos. La dentición adulta no presenta canino.
- b.—Fragmento de mandíbula derecha con P/3-M/3. Se distingue claramente un P/3 bien formado y funcional. Este premolar es muy reducido en la especie *M. batei* y falta en *M. balearicus*.
- c.—Trozo de maxilar izquierdo de *Myotragus antiquus* mostrando la serie P2/-P4/. Obsérvese el P2/ todavía funcional, que contrasta con el carácter totalmente regresivo de esta pieza dentaria en *M. batei*.

Estratigrafía de la COVA DES FUM

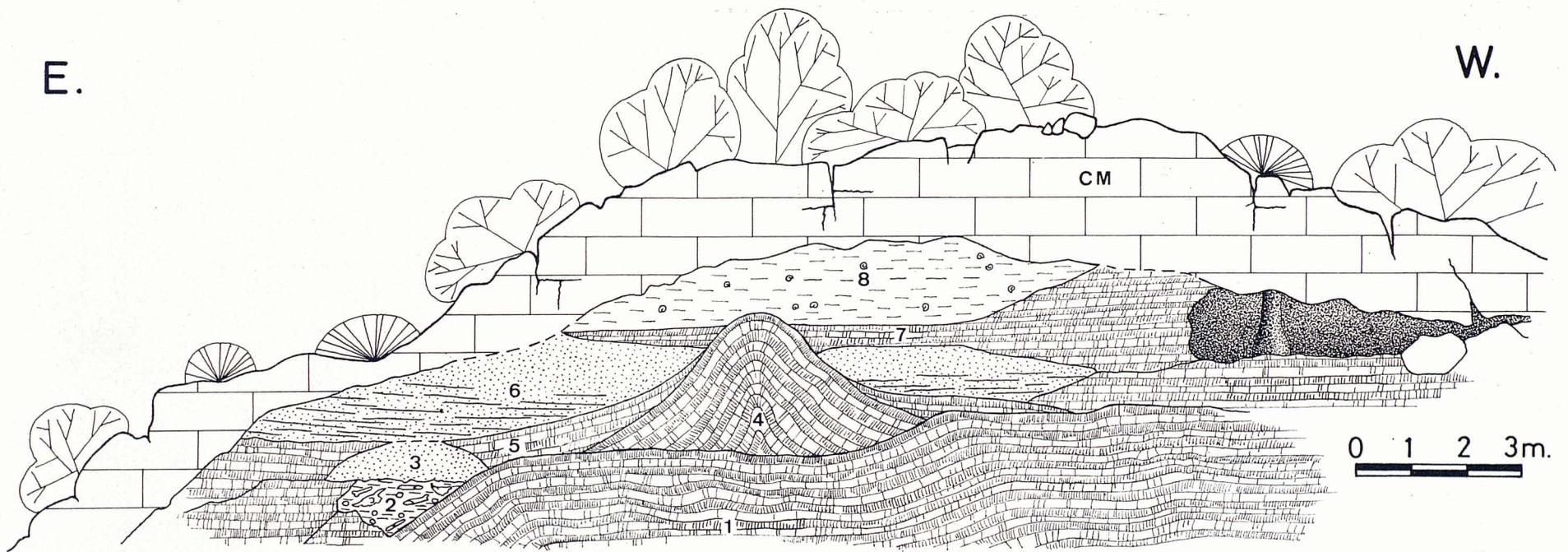


Figura 2: Explicación de la figura: 1.—Colada basal; 2.—Brecha osífera; 3.—Primera calcarenita; 4.—Domo estalagmítico; 5.—Colada A; 6.—Segunda calcarenita; 7.—Colada B; 8.—Limos con gasterópodos terrestres; CM.—Calizas mesozoicas.

nido trozos de mandíbulas y de maxilares con sus respectivas piezas dentarias (Figura 3, b-c), las cuales ponen de manifiesto la funcionalidad de varios premolares que por el contrario son inexistentes en *M. balearicus* y muy regresivos en *M. batei*. En cuanto a la determinación específica de los materiales de *Myotragus*, la observación de los numerosos incisivos encontrados en la Brecha Osífera resulta concluyente (Figura 3, a). En efecto los incisivos de *M. antiquus* se caracterizan por su apreciable hipsodontia y por su morfología espatulada muy afín a la del género *Capra* (PONS, 1977), en tanto que los de *M. batei* y *M. balearicus* se han transformado ya en los dientes de crecimiento continuo, de pulpa persistente, tan típicos del género *Myotragus*. En algunas publicaciones recientes (PONS, 1977; MOYÀ, 1978; MOYÀ y PONS, 1979; PONS, MOYÀ y KOPPER, 1979) se ha acumulado ya cierta información acerca del status morfológico y cronológico de la especie *Myotragus antiquus*; por lo tanto nos remitimos a dichos trabajos.

Si bien en su mayor parte los restos de mamíferos fósiles de la Cova des Fum pertenecen a *M. antiquus*, tal como ya se ha indicado, hemos de dejar constancia del hallazgo de una epífisis proximal de fémur correspondiente al género *Hypnomys*; pudiendo quizá tratarse de la especie *Hypnomys waldreni* descrita hace poco (REUMER, 1979).

Nivel 3. Primera Calcarenita. La Brecha Osífera queda sellada bruscamente por materiales arenosos, que la fosilizan a lo largo de toda su superficie con un espesor máximo que apenas supera un metro de altura. Se trata de una estructura en cierto modo anómala, la cual se caracteriza por presentar forma más o menos cónica aunque de ángulo muy abierto; sugiriendo con ello una deposición controlada por la gravedad a partir de un punto ligeramente elevado, desde donde viniera el aporte de las arenas. A favor de este mecanismo de deposición gravitatoria cabe añadir que se observan algunas pequeñas trazas de estratificación inclinada, en coincidencia con la pendiente del cono. Podríamos hablar por lo tanto de una calcarenita de origen marino, de grano medio en cuanto a su tamaño, y cuyo grado de diagénesis es bastante desigual (pues junto a zonas de intensa cementación aparecen otras zonas poco consolidadas e incluso disgregadas, a causa de corrosiones locales de escasa amplitud).

Una cuestión que permanece todavía sin esclarecer estriba en si el transporte de las arenas fue llevado a cabo por el viento, o si por el contrario la sedimentación tuvo lugar encontrándose la cueva inundada por el mar. La bibliografía espeleológica registró la presencia de conos constituidos por arenas eólicas en el interior de cavidades cársticas de las Baleares (MONTORIOL-POUS, 1961; GINÉS, 1971; GINÉS y GINÉS, 1974; TRIAS,

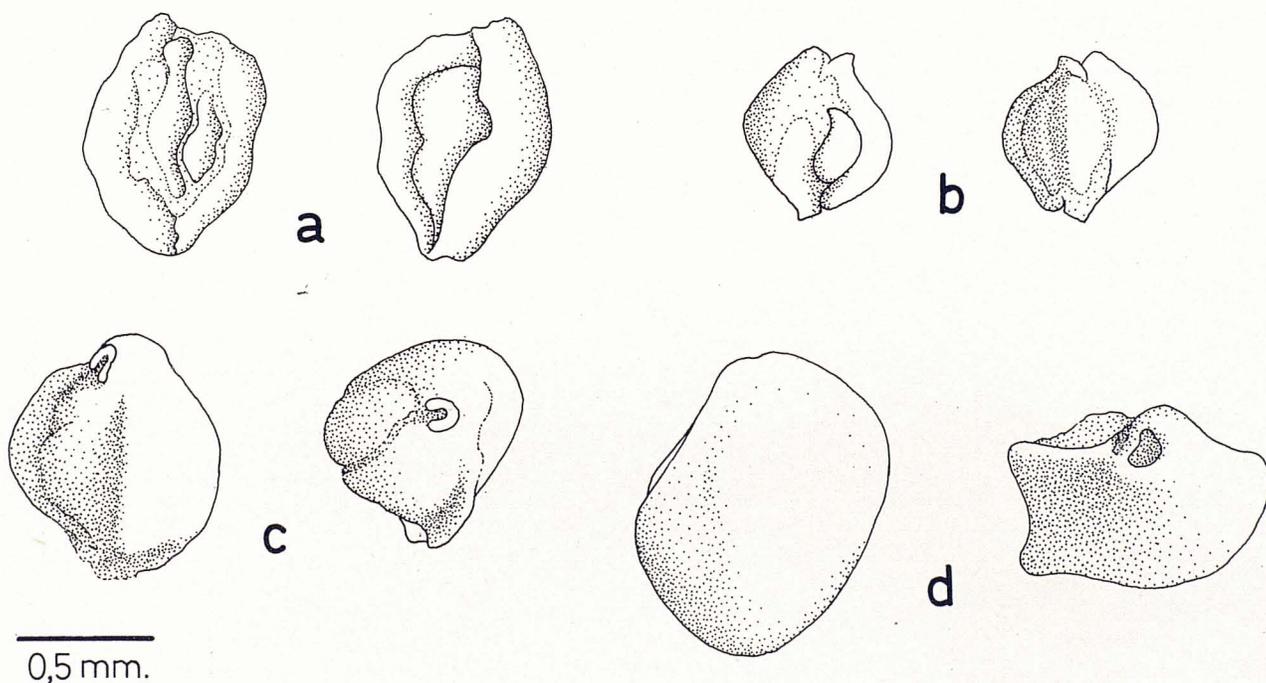


Figura 5: Miliólidos (foraminíferos bentónicos) procedentes de la Primera calcarenita:
a.—*Quinqueloculina* af. *undulata* d'Orb; b, c.—*Quinqueloculina* af. *lamarckiana* d'Orb.; d.—*Pyrgo* sp.

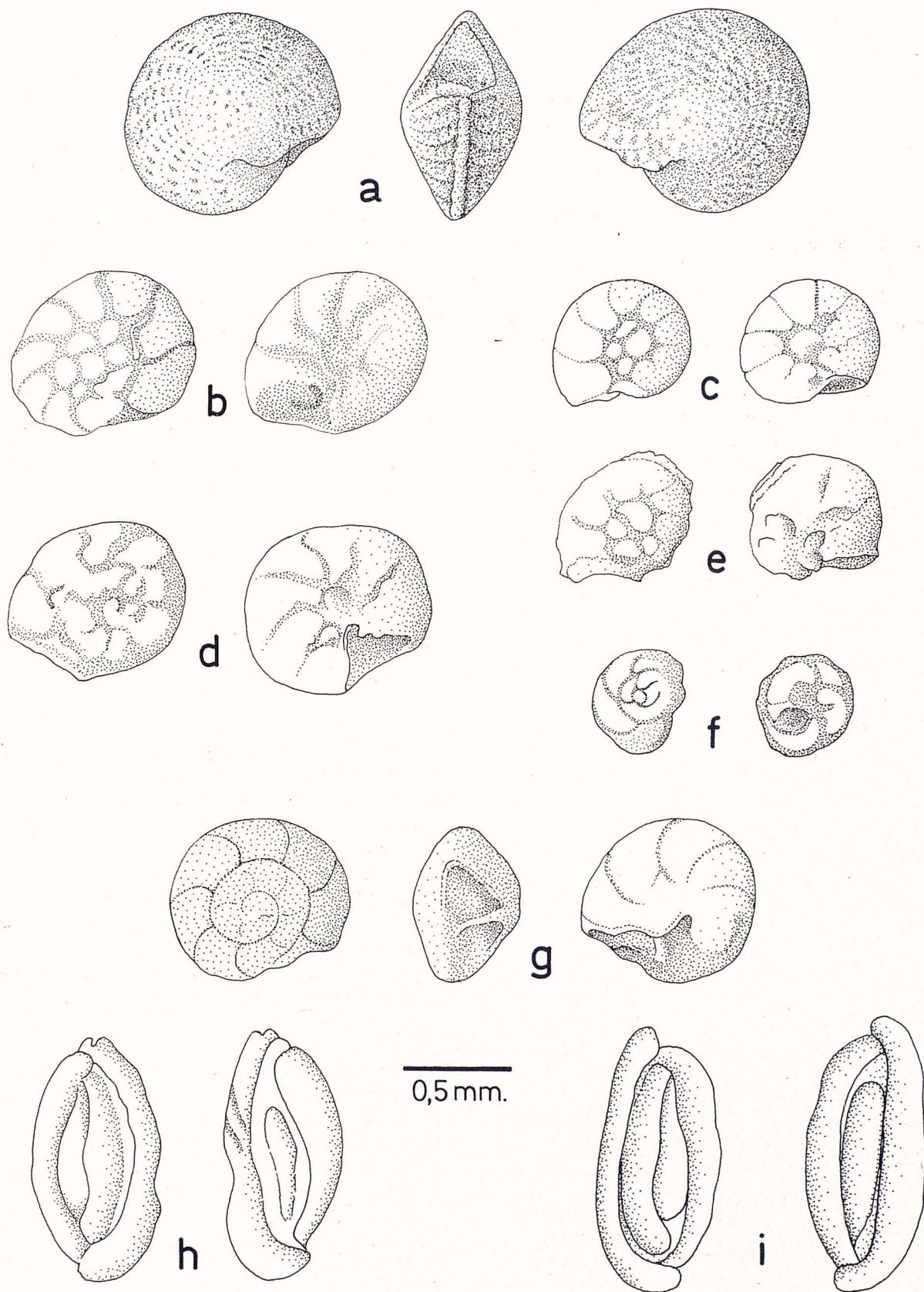


Figura 4: Foraminíferos bentónicos extraídos del Nivel 3 (Primera calcarenita):

a.—*Elphidium crispum* (L.); b.—*Ammonia beccarii* (L.); c.—*Ammonia beccarii* var. *ammoniformis* (d'Orb.); d, e, f, g.—*Ammonia beccarii* (L.); h.—*Quinqueloculina* af. *lucida* Karrer; i.—*Quinqueloculina stelligera* Schlumb.

1974; GINÉS, GINÉS y PONS, 1975). Más recientemente MATEU, COLOM y CUERDA (1979) han realizado un detallado estudio micropaleontológico del cono de arenas dunares que ocupa el fondo de la Cova des Frares (Illa de Cabrera). Sin embargo, y aunque en una primera aproximación atribuíamos la Primera Calcarenita a una deposición acaecida bajo transporte eólico, estamos encontrando vestigios que parecen apuntar hacia una génesis estrictamente marina, en la que es probable que incluso intervinieran mecanismos bioconstructivos.

Previo tratamiento con ácido acético diluido y después del necesario tamizado de las muestras, se procedió al estudio micropaleontológico de los granos de arena que constituyen la Primera Calcarenita. Se tenía la intención de averiguar si algún dato paleoecológico significativo podía extraerse a partir del análisis de las comunidades de foraminíferos representadas en el sedimento, pero los resultados obtenidos fueron bastante insatisfactorios. La observación al binocular de los granos de arena permite distinguir foraminíferos, minúsculos fragmentos de conchas y restos de espículas de equinodermos; todos ellos muy desgastados. La proporción de foraminíferos, cuyo estado de conservación permite una determinación específica adecuada, es realmente pequeña, hasta

el punto de que conteos repetidos nos dan una media de 2,8 foraminíferos reconocibles por cada 100 granos de arena. La especie que aparece con mayor frecuencia es, con mucha ventaja, *Elphidium crispum* (Figura 4, a), seguido en abundancia por *Ammonia beccari* (Figura 4, b-g). Los miliólidos (Figura 4, h-i y Figura 5) están representados básicamente por escasos ejemplares del género *Quinqueloculina* (y todavía más infrecuentes ejemplares de *Pyrgo*), de tal modo que la relación entre foraminíferos hialinos y porcelanoides está muy desplazada a favor de los primeros. El conjunto de especies bentónicas encontradas en las arenas es pobre y poco variado, tratándose, como ha quedado dicho anteriormente, de géneros típicos de aguas de muy poca profundidad. Por otra parte, durante nuestras observaciones y triado de las muestras, tan sólo hemos podido detectar 3 ejemplares de foraminíferos planctónicos (Figura 6), uno de los cuales quizás pueda atribuirse a la especie *Globigerinoides trilobus*; el índice bentónico es por lo tanto del 100%. Mención aparte merecen las extrañas estructuras groseramente tubulares que parecen componer una parte considerable del sedimento (Figura 7). Las observaciones y consultas que hemos realizado, hacen pensar en alguna suerte de mecanismos bioconstructivos a cargo de poliquetos tubícolas, evidentemente marinos.

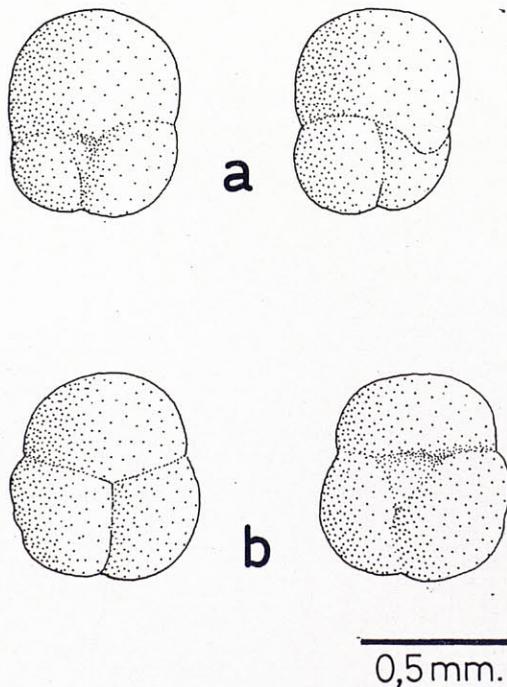


Figura 6: Foraminíferos planctónicos extraídos del Nivel 3 (Primera calcarenita), donde son extraordinariamente escasos:
a.—*Globigerinoides* af. *trilobus* (Reuss); b.—*Globigerinoides* af. *ruber* (d'Orb.).

Nivel 4. Domo estalagmítico. En el sector occidental de la estratigrafía se aprecia un cambio de facies sedimentaria con respecto a las unidades 2 y 3 del sector oriental. Así, podemos estimar que durante aquel intervalo de tiempo en que se depositaban ambos niveles estratigráficos alóctonos (2 y 3), simultáneamente se iba construyendo el gran Domo Estalagmítico que domina el sector W del conjunto sedimentario de la Cova des Fum (Foto 1). Probablemente el Domo Estalagmítico sea coetáneo de la Brecha Osífera.

Nivel 5. Colada A. Costra estalagmítica que muestra un grosor aproximado de medio metro, estando formada por un conjunto de grandes cristales de calcita los cuales dibujan laminaciones bastante marcadas. La particularidad estratigráfica más destacable de esta unidad estriba en el hecho de que lleva a cabo la fosilización tanto de la Primera Calcarenita como del Domo Estalagmítico, motivo por el cual sirve de nexo entre los sectores oriental y occidental de la caverna. La fisonomía de esta Colada A se adapta a los perfiles del cono arenoso subyacente, delimitando sendas cuñas de colada a ambos lados del mismo (ver Figura 2).

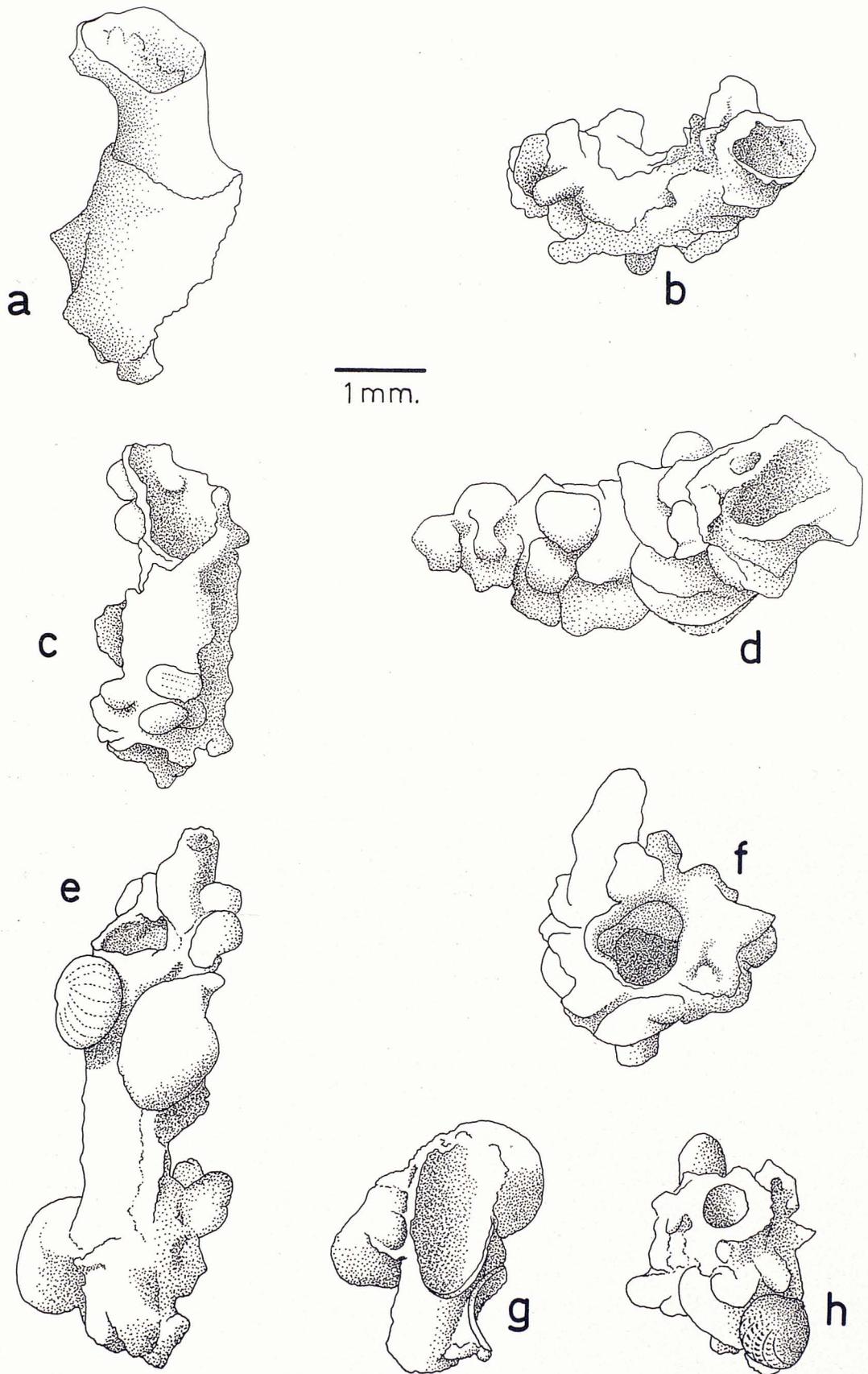


Figura 7: Estructuras bioconstructivas que podrían pertenecer quizás a poliquetos tubícolas marinos. Según parece, buena parte del cono de arenas alóctonas que hemos denominado Primera calcarenita está integrado por elementos de este tipo.

Nivel 6. Segunda Calcarenita. Depositada sobre la formación estalagmítica pavimentaria que acabamos de enumerar, ocupa una considerable porción del relleno de la cueva, en cuya extremidad E llega a obturarla por completo. Consiste en una calcarenita quizás de origen eólico, o más probablemente de origen marino, en avanzado estado de diagénesis como consecuencia de procesos vadosos de cementación. La potencia de este nivel alóctono la podemos evaluar en algo más de metro y medio. En varios lugares se observa una nítida estratificación subhorizontal.

Nivel 7. Colada B. Costra estalagmítica delgada (treinta centímetros en las inmediaciones del Domo) que sella en disposición horizontal todo el plano superior de la Segunda Calcarenita, engrosándose progresivamente hacia el W donde delimita gran parte del pórtico de la actual cueva penetrable. Se distinguen en ella intercalaciones de sedimentos finos y arcillosos, entre las delicadas láminas formadas por pequeños romboedros de calcita. La Colada B se continua a ambos lados del vértice del Domo Estalagmítico (ver Figura 2) hasta enlazar, en sus dos extremos, con las paredes de la antigua caverna.

Nivel 8. Limos con gasterópodos. En esta unidad hemos incluido todo un estrato bastante heterogéneo de materiales limosos, en los cuales los procesos de pedogénesis parecen haber desempeñado un importante papel.

La secuencia se inicia con limos arcillosos de color marrón rojizo, que hacia arriba engloban varias alineaciones de pequeños cantos angulosos de piedra, a los que siguen niveles más claros, en los que se aprecian nódulos y estructuras rugosas atribuibles a mecanismos de alteración edáfica de un sustrato calcáreo (ya que presentan un aspecto similar a los caliches de tipo pisolítico). En este subnivel abundan los restos de gasterópodos terrestres, identificados algunos de ellos como *Oxychilus lentiformis*, que desaparecen hacia arriba para pasar de nuevo a arcillas y limos rojizos; hasta llegar por último a las zonas superiores terminales donde son sustituidos por limos pulverulentos dispuestos en finísimas laminaciones. La potencia total de estos materiales limosos es de alrededor de metro y medio.

Calizas mesozoicas (Roca encajante). Tanto la Segunda Calcarenita como los Limos con gasterópodos contactan hacia arriba con la roca que configura el voladizo de la antigua entrada de la caverna, pues la colmatación llega a ser completa en toda la extensión oriental del yacimiento. El espesor de calizas que sirven de techo a los sedi-

mentos subterráneos, objeto del presente estudio, no rebasa los dos metros de altura y en algunos tramos ni tan siquiera alcanza un metro.

Aunque los signos de carstificación visibles en la actualidad, en torno a la cueva, no guardan ninguna relación con las fases espeleogenéticas y sedimentarias que incidieron en otro tiempo sobre la Cova des Fum, modelándola en condiciones topográficas y climáticas muy distintas de las hoy vigentes, la existencia de lapiaz cavernoso (*kavernosen karren*) bajo la cubierta vegetal (garriga mediterránea de acebuche y lentisco) nos da una idea de la aptitud que poseen estos materiales con respecto a los procesos de disolución cárstica.

III. Interpretación espeleocronológica

IDEAS BÁSICAS

Cualquier intento de establecer una interpretación espeleocronológica se ve en la necesidad de recurrir a una serie de especulaciones teóricas y métodos deductivos, muy afines a los empleados en Geomorfología: tal es el caso del concepto de nivel de base, de los criterios de juventud y senilidad morfológica, de las técnicas de correlación altimétrica y de los modelos de morfogénesis bajo control climático. El planteamiento que vamos a seguir durante el desarrollo de este apartado se enmarca dentro de estas coordenadas y por ello no podremos evitar que, de vez en cuando, nos veamos obligados a incluir ciertas conjeturas allí donde los datos disponibles escaseen demasiado. No obstante, la Cova des Fum contiene una estratigrafía en la que no faltan elementos significativos, incluyendo por ejemplo restos de mamíferos fósiles susceptibles de ser comparados con otros yacimientos conocidos y también materiales arenosos de origen marino que proporcionan información sobre las líneas de costa representadas en aquella zona de Mallorca. Además hay que considerar que la cota en que se abre la cueva supone otra pauta muy valiosa si la comparamos con el código de oscilaciones pleistocénicas del nivel marino, tal como han sido establecidas en Mallorca por BUTZER y CUERDA (1962), CUERDA (1975), BUTZER (1975), y POMAR y CUERDA (1980).

Por estas razones, y aun contando con las limitaciones metodológicas que caracterizan a la geomorfología, pensamos que existen suficientes elementos de juicio para aproximarnos con bastante verosimilitud a la probable historia geológica de la Cova des Fum (tal como será resumida

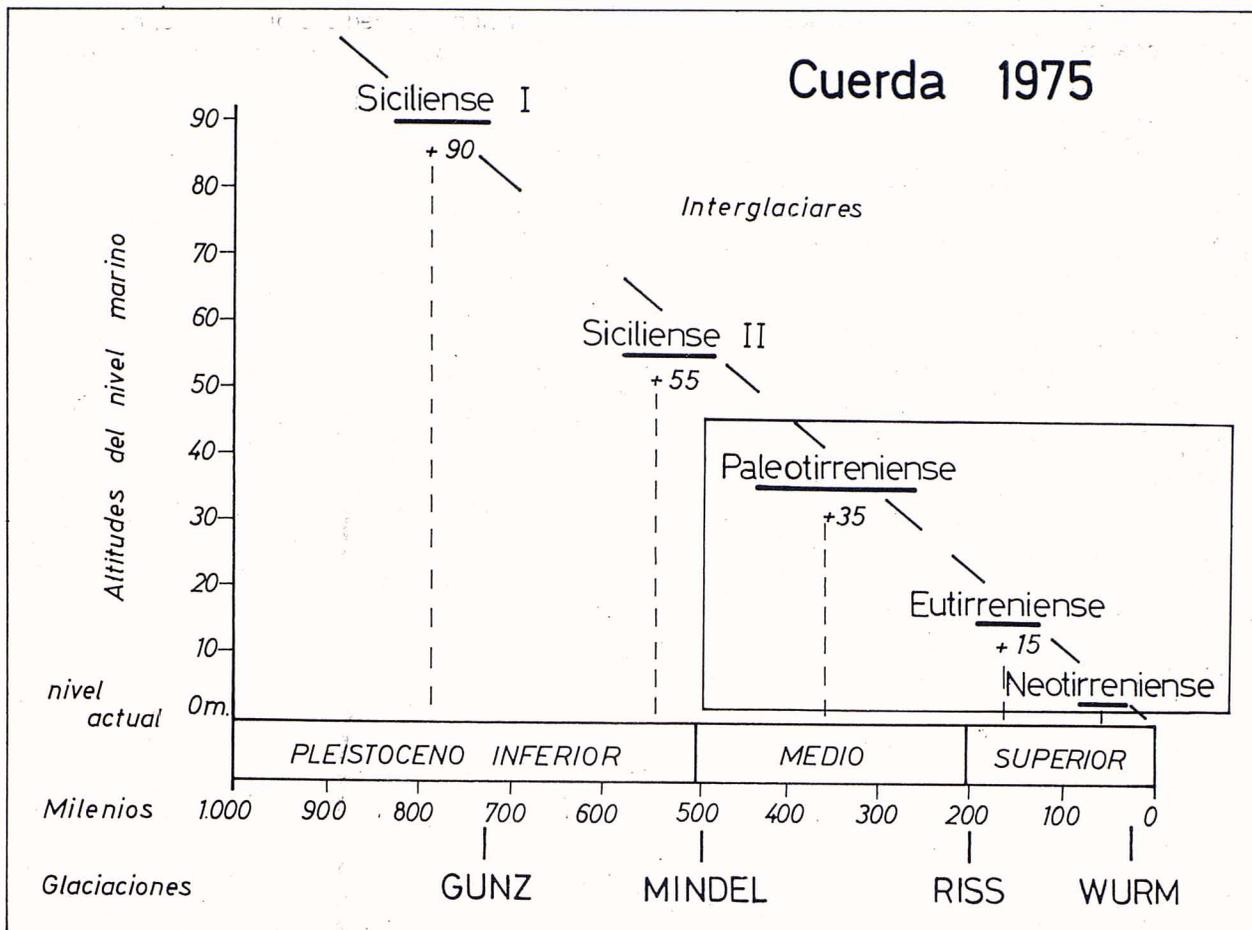


Figura 8: Gráfica orientativa en la que se representan los niveles interglaciares, sus nomenclaturas respectivas, sus altitudes aproximadas sobre el nivel del mar y la edad correspondiente que se les atribuye dentro del esquema clásico de las cuatro glaciaciones alpinas.

en los últimos párrafos de este trabajo y en la Figura 9).

Que la Cova des Fum constituye una forma endocárstica «fósil», desconectada por lo tanto de la geodinámica erosiva del karst pleistocénico, nos parece muy evidente si atendemos a la ubicación de la caverna: instalada en lo alto de una pequeña colina que no guarda ninguna relación con los sistemas de drenaje cárstico o fluvial vigentes en los últimos dos millones de años. Si además se consulta la cartografía disponible, se observa como la cueva aparece en la actualidad «colgada» por encima de la red hidrográfica, careciendo por completo de zonas de absorción que pudieran haber realizado en otro tiempo la excavación de la cueva por disolución cárstica. Por otra parte la estructura espeleomorfológica de la Cova des Fum presenta indudables características de senilidad, de acuerdo con las ideas cíclicas acerca de la evolución del karst que vienen expresadas en LLOPIS-LLADÓ (1970). En este sentido, y aunque el concepto de ciclo cárstico debe ser utilizado

con grandes precauciones, todas las ideas espeleogenéticas coinciden en atribuir a la etapa de hundimientos clásticos un papel decisivo en el comienzo de la merofosilización (LLOPIS-LLADÓ, 1953) de las cavidades cársticas; una vez que la caverna ha sido abandonada por las aguas como resultado del progresivo ahondamiento del nivel de base. El esquema evolutivo propuesto por dicho autor distingue una secuencia de periodos a los que denomina respectivamente: embrionario, de juventud, de madurez y senil; relacionando la fase de madurez con el inicio de los procesos clásticos, los cuales se continúan más adelante hasta dar paso a los fenómenos intensivos de estalagmitización. El periodo de senilidad se caracterizaría pues por el predominio de la sedimentación estalagmítica (*concrétionnement*), que se encargaría de recubrir y englobar los amontonamientos de bloques y materiales detríticos mediante coladas, costras estalagmíticas y macizos de carbonato cálcico. El ciclo cárstico llega a consumarse cuando se produce la colmatación

total de la cueva por medio de rellenos autóctonos o exógenos.

Dentro de esta línea de razonamiento, recientes estudios han puesto de manifiesto la importancia alcanzada por las carstificaciones antiguas en Mallorca (GINÉS, 1973; GINÉS, GINÉS, POMAR y SALVÁ, 1979; PONS, MOYÀ y KOPPER, 1979) y han apuntado la posibilidad de que, el conjunto del karst insular, haya sido afectado por una espeleogénesis de edad predominante pto-pliocena. Por lo tanto parece plausible suponer que la excavación de la Cova des Fum correspondería a alguna fase de erosión acaecida durante la transición mio-pliocena, de tal modo que la caverna entraría en un estadio senil ya en tiempos pliocénicos.

En función de los datos que poseemos hasta la fecha, opinamos que existen tres argumentos principales que apoyan fundadamente la hipótesis de una edad plio-pleistocena para el conjunto de los materiales de fosilización que colmatan el sector oriental de la Cova des Fum. Uno de ellos radica en las características morfológicas y biométricas de los restos de *Myotragus* presentes en la Brecha Osífera de la cueva, al ser éstos comparables con las muestras procedentes de otros yacimientos conocidos, y en particular con los niveles fosilíferos de la Cova de Canet y de Sa Pedrera de s'Onix. Otro se basa en criterios de correlación altimétrica, que excluyen la posibilidad de que algún paleonivel marino posterior al Pleistoceno inferior haya podido establecerse en cotas tan elevadas, siendo así que este tramo de la costa se ha mantenido estabilizado desde aquellos tiempos, como lo testimonian las playas paleotirrenienses de la costa oriental de Mallorca. El tercer argumento estriba en la ingente acumulación de materiales estalagmíticos, los cuales constituyen una considerable porción del yacimiento y que, por tratarse de carbonato cálcico transportado en disolución a través de las fisuras del techo, presuponen un espesor (*tranche* en la terminología geomorfológica) de caliza muy superior en tamaño al exiguo techo que muestra la caverna en la actualidad.

LOS RESTOS DE MYOTRAGUS

Ya en un apartado anterior hemos indicado, a grandes rasgos, las particularidades más destacables de las muestras paleontológicas obtenidas del Nivel 2 de la estratigrafía. También se hacía notar en aquellos párrafos la pertenencia de los huesos extraídos a la especie *M. antiquus*, en razón de la morfología y grado de desarrollo de sus incisivos y premolares (véase PONS, 1977) y atendiendo también a la biometría de sus metacarpos, falanges y metatarsos (véase MOYÀ, 1978). Las

observaciones y medidas disponibles, permiten situar los restos fósiles encontrados en la Cova des Fum en un estadio intermedio entre los *Myotragus* del yacimiento de Es Cap de Ferrutx y los de Sa Pedrera de s'Onix; siendo muy similares, en cuanto a sus rasgos anatómicos, a los materiales extraídos del Nivel J de la Cova de Canet.

Los criterios evolutivos y los datos cronológicos existentes por ahora tienden a confirmar una edad pliocena para la especie *M. antiquus* (sobre cronología de los yacimientos con *Myotragus*, véase CUERDA, 1975; MOYÀ y PONS, 1979; MOYÀ y PONS, 1980). Conviene tener presente a este respecto que la especie *Myotragus balearicus* ha sido hallada en asociación con formaciones marinas del Pleistoceno medio (BUTZER y CUERDA, 1962). Además hemos de suponer un lapso de tiempo suficiente para dar cabida a otras formas ancestrales del género *Myotragus*, como es el caso de *M. batei* y *M. kopperi*. A ello hay que añadir la información proveniente de los estudios llevados a cabo por J. S. Kopper acerca del paleomagnetismo remanente de los sedimentos de la Cova de Canet, en base a los cuales parece seguro que el Nivel J (que contiene restos de *Myotragus* semejantes a los de la Cova des Fum) es atribuible a la etapa geomagnética Gauss. Si estas suposiciones llegaran a confirmarse se podrían establecer inmediatamente varias correlaciones estratigráficas muy sugestivas; una de las más evidentes radica en que el evento geomagnético denominado Olduvai corresponde al límite plio-cuaternario, y por consiguiente la Brecha Osífera podría adscribirse al Plioceno terminal.

NIVEL ALTIMÉTRICO DE LA CUEVA

Las oscilaciones del nivel del mar durante el Pleistoceno han sido objeto de numerosos trabajos (BUTZER y CUERDA, 1962; CUERDA, 1975, entre otros), los cuales nos permiten conocer con bastante detalle el modo como estas incidencias glacioeustáticas repercutieron en la costa mallorquina desde el Pleistoceno medio. Sin embargo la historia de los paleoniveles marinos del Pleistoceno inferior, transición pliocuaternaria y Plioceno superior permanece escasamente conocida, aunque se hayan citado varios yacimientos con fauna marina Siciliense, Calabriense e incluso Astiense. La figura 8 da una idea aproximativa de la disposición altimétrica con que se presentan las playas fósiles mallorquinas, así como de su edad más probable.

Es preciso subrayar, en este orden de cosas, como los materiales arenosos (calcarenitas) que constituyen los Niveles 3 y 6 de la estratigrafía implican necesariamente una línea de costa inme-

Esquema interpretativo de la estratigrafía de la COVA DES FUM. Etapas de excavación y fosilización.

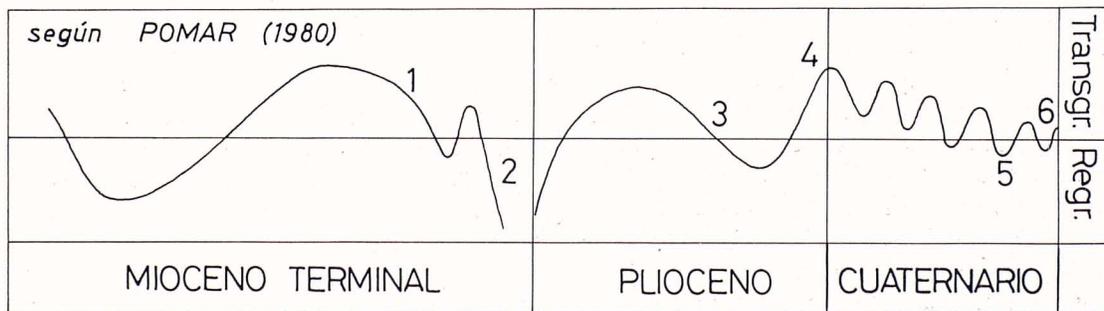
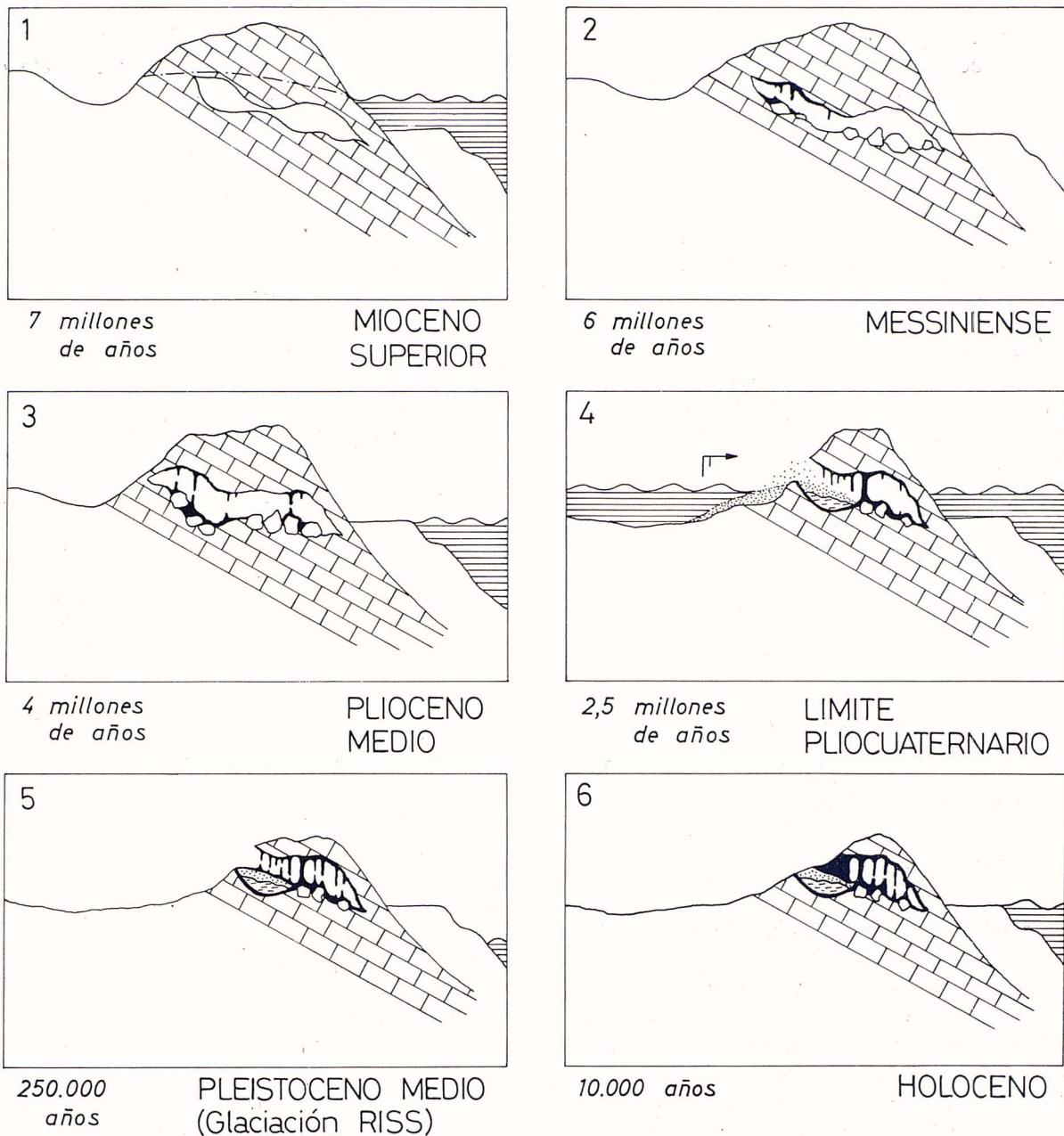


Figura 9: Explicación de la figura: 1.—Fase de carstificación en condiciones freáticas. Cavidades embrionarias instaladas sobre juntas de estratificación y diaclasas; 2.—Comienzo de la fase vadosa. Desarrollo de morfologías seniles: procesos clásticos y estalagmíticos; 3.—Continúa el crecimiento de la cavidad mediante hundimientos clásticos. Gruesas coladas estalagmíticas en el piso de la cueva; 4.—Formación de

la entrada de la caverna. Depósito de los restos de *Myotragus* y de las arenas alóctonas: fase de colmatación; 5.—Se activan los procesos de erosión. Rejuvenecimiento del relieve durante los episodios glaciales. Ablación continuada de la superficie topográfica; 6.—La cueva alcanza su aspecto actual. Las obras de cantería dismantelan posteriormente la primitiva boca de la cavidad.

diata a la cueva, tanto si se trata de vestigios dunares como si optamos por un origen estrictamente marino de estos depósitos arenosos. Por otra parte la cavidad está situada 80 metros por encima del actual nivel del mar, y este hecho impide que podamos atribuir a alguno de los episodios tirrenienses (cuya cota máxima no rebasa los 40 metros) el movimiento transgresivo registrado en la cueva; teniendo en cuenta que la estabilidad tectónica de este sector costero queda garantizada por varios yacimientos marinos, en los cuales las playas fósiles tirrenienses conservan una perfecta coincidencia altimétrica con relación a las terrazas marinas del resto de la isla. No obstante, aunque podamos deducir la obligada antigüedad del ascenso del nivel marino que hizo posible la penetración de las arenas de los Niveles 3 y 6, carecemos de información fiable sobre el momento exacto en que este hecho se produjo. Consultando la parte inferior de la figura 9 (basada en POMAR, 1980) se constata que, tanto en el curso de los tiempos finales del Plioceno como durante ciertos episodios del Pleistoceno inferior, el mar alcanzó cotas semejantes a las requeridas para dar cuenta de las arenas de origen marino, que sellan a su vez la bolsa fosilífera donde se encuentran englobados los huesos de *Myotragus*; todo ello independientemente de los posibles reajustes tectónicos pliocuaternarios, que según parece tuvieron una relativa importancia en varios lugares de la costa sudoriental mallorquina.

VOLUMEN DE CONCRECIONAMIENTO Y TASA DE EROSIÓN

La descripción del yacimiento, que hemos realizado en párrafos anteriores, dejaba bien explicitada la existencia de abundantes depósitos estalagmíticos que aparecen asociados con las distintas etapas de sedimentación alóctona experimentadas por la Cova des Fum (Brecha Osífera, Primera Calcarenita, Segunda Calcarenita). Incluso se mencionaba la probable simultaneidad de los Niveles 2 y 4 de la estratigrafía. Ello significaría que, al mismo tiempo que un buen número de ejemplares de *Myotragus* iban cayendo atrapados en una trampa natural, pocos metros más hacia el W se producía un cuantioso proceso de concrecionamiento que viene expresado por los tres metros de Domo Estalagmítico que integran el eje central del corte estratigráfico (Figura 2). Si consideramos que sólo una parte del carbonato cálcico total, transportado por las aguas de percolación, precipita en el interior de las cavidades cársticas y si evaluamos la potencia considerable del grupo de coladas y macizos estalagmíticos (Niveles 1, 4, 5 y 7) que muestra la estratigrafía de la Cova des Fum, resulta obvio que un grosor de

materiales calcáreos de tal magnitud únicamente sería conciliable con un espesor (*tranche*) de caliza muy superior al que hoy se puede apreciar por encima de la cueva. Si además tenemos en cuenta que la tasa de erosión cárstica (*rate of lowering* o *specific dissolution rate*, según los diferentes autores) estimada para un karst árido como el de Nullarbor en Australia es de aproximadamente dos milímetros por milenio (LOWRY y JENNINGS, 1974) y que para los karsts costeros mediterráneos del Sur de Francia se obtienen valores inferiores a diez milímetros por milenio (FABRE, 1981), se comprenderá que necesariamente la historia sedimentaria de la Cova des Fum debe remontarse por lo menos al Cuaternario inferior.

CONCLUSIONES

Sin duda estamos todavía lejos de poder formular conclusiones acerca de la historia geológica de este yacimiento, pero no es menos cierto que en el curso de los párrafos anteriores hemos planteado un modelo interpretativo bastante coherente, que podemos concretar en el resumen gráfico representado en la Figura 9. Es evidente que los datos cronológicos, que proponemos para cada una de las diversas etapas esquematizadas en la mencionada figura, son tan sólo aproximaciones. Se trata por lo tanto de una gráfica meramente orientativa, capaz de proporcionar alguna idea sobre las fechas en que es previsible que ocurrieran los acontecimientos responsables del desarrollo y colmatación de la Cova des Fum.

En nuestra opinión hay dos puntos clave en el modelo que estamos sugiriendo: nos referimos al inicio de la carstificación, que hemos situado en los últimos tiempos del Mioceno, y a la acumulación de huesos de *Myotragus*, que hemos atribuido al final del Plioceno o quizás a algún momento de la transición pliocuaternaria. Las restantes etapas, tal como aparecen incluidas en la Figura 9, son en realidad complemento de aquéllas.

En cuanto al inicio de la carstificación, nuestro razonamiento se fundamenta en la existencia de la plataforma Tortoniense, que formaba por aquel entonces una orla de arrecifes en torno a los materiales plegados que constituyen en la actualidad las Serres de Llevant. Ello presupone el establecimiento de un nivel de base estabilizado durante largo tiempo, que estaría situado en las intermediaciones de la Cova des Fum, coincidiendo además con un clima muy propicio para la carstificación. Las pequeñas alineaciones montañosas de las Serres de Llevant quedarían configuradas como islotes, en cuyo interior los materiales calizos serían objeto de corrosión y excavación de conductos a nivel de la superficie freática. Parece verosímil que las cavidades embrionarias, que ha-

brían de controlar el ulterior desarrollo de la caverna, correspondieran a una fase de morfogénesis freática en las condiciones que acabamos de explicar.

Por lo que se refiere a la edad en que tuvo lugar la deposición de la brecha osífera y de las arenas alóctonas, ya hemos indicado en los apartados anteriores los argumentos en que nos basamos para asignarla a los últimos tiempos pliocenos.

Deseamos expresar nuestra gratitud a D. Guillem Colom (Sóller) y al Dr. Guillem Mateu por sus informaciones y orientación en el estudio micropaleontológico de las arenas que sellan el depósito de huesos de *Myotragus*. A nuestro amigo Joan Pons por sus datos inéditos acerca del material de mamíferos fósiles procedentes de la Cova des Fum, motivo fundamental de la presente nota. A Joaquín Ginés, por su ayuda en la realización de este manuscrito y en la elaboración de algunos de los dibujos, y a nuestros compañeros del Speleo Club Mallorca y del Grup Espeleològic EST; especialmente a Jaume Rosselló y a Miquel Trias quienes fueron los auténticos descubridores del yacimiento.

Bibliografía

- BÖGLI, A. (1980): «Karst hydrology and physical speleology». Springer-Verlag. 284 pp. Berlín.
- BUTZER, K. W. (1975): «Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean basin: a mallorquin view». in K. W. Butzer y G. L. Isaac (Eds): «After the australopithecines: stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene». pp. 25-71. Chicago.
- BUTZER, K. W. y CUERDA, J. (1962): «Coastal stratigraphy of southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean sea». *The Journal of Geology*, 70 (4): 398-416. Chicago.
- CUERDA, J. (1975): «Los tiempos cuaternarios en Baleares». Instituto de Estudios Baleáricos. 304 pp. Palma de Mallorca.
- DARDER, B. (1925): «La tectonique de la région orientale de l'île de Majorque». *Bull. Soc. Geol. France*, 25: 245-278. Paris.
- ESCANDELL, B. y COLOM, G. (1962): «Mapa Geológico de España. Hoja n.º 700». Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- FABRE, G. (1981): «Specific dissolution in the Mediterranean karstic areas of France». Proceedings Eighth Intern. Cong. Spel. Vol. 1: 192-195. U.S.A.
- FORD, T. D. (1975): «Sediments in caves». *Trans. British Cave Research Ass.*, 2 (1): 41-46. Bridgewater.
- GÈZE, B. (1968): «La espeleología científica». Ed. Martínez Roca. 191 pp. Barcelona.
- GINÉS, A. (1973): «Sobre el posible hallazgo de formaciones de edad Milazziense en Ses Coves Petites (Canyamel)». III Simposium Espeleología, pp. 87-91. Mataró.
- GINÉS, A. y GINÉS, J. (1974): «Consideraciones sobre los mecanismos de fosilización de la Cova de Sa Bassa Blanca y su paralelismo con formaciones marinas del Cuaternario». *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 19: 11-28. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. y PONS, J. (1975): «Nuevas aportaciones al conocimiento morfológico y cronológico de las cavernas costeras mallorquinas». *Speleon*, Monografía I, pp. 49-56. Barcelona.
- GINÉS, A.; GINÉS, J.; POMAR, L. y SALVÀ, P. A. (1979): «La Serra de Tramuntana». VI Coloquio de Geografía. Guía de la Excursión n.º 1. 38 pp. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. (1971): «Cova de Sa Font (aspectos generales)». *Speleon*, 18: 43-48. Barcelona.
- GINÉS, J. y TRIAS, M. (1972): «Primera relación del Inventario Espeleológico de Mallorca». Comunicaciones 2.º Simp. Met. Esp. Topografía: VI c, pp. 1-15. Barcelona.
- JENNINGS, J. N. (1971): «Karst». An Introduction to Systematic Geomorphology, Volume Seven. The M.I.T. Press. 252 pp.
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1953): «Karst holofossile et mérofosile». I Cong. Intern. Spéléologie, T. II, sec. 1, pp. 41-50. París.
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1970): «Fundamentos de hidrogeología cársica (Introducción a la Geoespeleología)». Editorial Blume, 269 pp. Madrid.
- LOWRY, D. C. y JENNINGS, J. N. (1974): «The Nullarbor karst. Australia». *Z. Geomorph. N. F.*, 18 (1): 35-81. Berlín.
- MAIRE, R. (1980): «Eléments de karstologie physique». *Speleonca*, Spécial n.º 3. 56 pp. Paris.
- MATEU, G.; COLOM, G. y CUERDA, J. (1979): «Los foraminíferos plio-pleistocénicos de la Isla de Cabrera (Baleares) y las condiciones paleoecológicas del antiguo Mar Balear». *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 23: 51-68. Palma de Mallorca.
- MONTORIOL-POUS, J. (1961): «El karst de la Isla de Cabrera». *Speleon*, 12 (1-2): 5-34. Oviedo.
- MOYÀ-SOLÀ, S. (1978): «Morfología funcional del tarso en el género *Myotragus* Bate, 1909 (Artiodactyla, Rupicaprini). *Acta. Geol. Hisp.*, 13: 87-91. Barcelona.
- MOYÀ-SOLÀ, S. y PONS-MOYÀ, J. (1979): «Catálogo de los yacimientos con fauna de vertebrados del Plioceno, Pleistoceno y Holoceno de las Baleares». *Endins*, 5-6: 59-74. Palma de Mallorca.

- MOYÀ-SOLÀ, S. y PONS-MOYÀ, J. (1980): «Una nueva especie del género *Myotragus* Bate, 1909 (Mammalia, Bovidae) en la Isla de Menorca: *Myotragus binigausensis* nov. sp. Implicaciones paleozoogeográficas». *Endins*, 7: 37-47. Palma de Mallorca.
- MOYÀ-SOLÀ, S. y PONS-MOYÀ, J. (1981): «*Myotragus kopperi*, une nouvelle espèce de *Myotragus* Bate, 1909 (Mammalia, Artiodactyla, Rupicaprini)». *Proc. Konin. Neder. Akad. van Wetenschappen*, B 84 (1): 57-69. Amsterdam.
- POMAR, L. (1980): «Ensayo de una nueva hipótesis para la evolución tectosedimentaria de las Baleares». *Trabajos de Geografía*, 35: 139-162. Palma de Mallorca.
- POMAR, L. y CUERDA, J. (1980): «Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca». *Acta. Geol. Hisp.*, Vol. 14. Barcelona.
- PONS-MOYÀ, J. (1977): «La nouvelle espèce *Myotragus antiquus* de l'île de Majorque (Balears)». *Proc. Konin. Neder. Akad. van Wetenschappen*, B 80 (3): 215-221. Amsterdam.
- PONS-MOYÀ, J.; MOYÀ-SOLÀ, S. y KOPPER, J. S. (1979): «La fauna de mamíferos de la Cova de Canet (Esporles) y su cronología». *Endins*, 5-6: 55-58. Palma de Mallorca.
- REUMER, J. W. F. (1979): «On two new micromammals from the Pleistocene of Mallorca». *Proc. Konin. Neder. Akad. van Wetenschappen*, B 82 (4): 473-482. Amsterdam.
- ROSSELLÓ-VERGER, V. M. (1964): «Mallorca. El Sur y Sureste». Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación. 553 pp. Palma de Mallorca.
- SWEETING, M. (1973): «Karst Landforms». Mc Millan Press Ltd. 362 pp.
- TRIAS, M. (1974): «Una campanya a les Illes de Cabrera». *Endins*, 1: 33-40. Palma de Mallorca.
- TRIAS, M.; PAYERAS, C. y GINÉS, J. (1979): «Inventari espeleològic de les Balears». *Endins*, 5-6: 89-108. Palma de Mallorca.