

LAS COVES DEL DRAC (Manacor, Mallorca). APUNTES HISTÓRICOS Y ESPELEOGENÉTICOS

por Ángel GINÉS y Joaquín GINÉS
Grup Espeleològic EST. Palma de Mallorca

Resum

Es presenten en aquest treball uns apunts històrics sobre les exploracions i investigacions espeleològiques efectuades a les Coves del Drac, famosa cova turística del terme municipal de Manacor (Mallorca), aprofitant l'avinentsa per passar revista a les diverses teories espeleogenètiques que han estat proposades per explicar la formació d'aquest important aparell endocàrstic.

No obstant, el principal objectiu de la present nota se centra en establir un model genètic vàlid per a aquesta cova, que sigui extensiu a la carstificació del Migjorn de Mallorca. En aquest sentit es proposa, per a les Coves del Drac, un esquema genètic fonamentat en l'existència d'una xarxa de buits i conductes freàtics, generats per dissolució a la zona costanera de mescla d'aigua dolça i aigua marina; la qual s'ha vist desarticulada per processos generalitzats de caigudes de blocs i reajustaments mecànics de les voltes de la cova. Una important estalagmitització, que inclou la presència d'espeleotemes freàtics relacionats amb paleonivells pleistocènics de la Mediterrània, completa el panorama morfològic de la cavitat conferint-li una espectacular bellesa.

Abstract

An historical account on speleological investigations carried out in the famous touristic site of Coves del Drac (Manacor, Mallorca island) is presented in this paper. At the same time, an overview of speleo-genetical theories proposed for this cave since 1896 is developed.

Nevertheless, the main aim of this paper is focused in establishing a genetic model for this important cave, that can be extrapolated to karstification in post-orogonical Upper Miocene limestones from the south-east area of Mallorca. In regard to this, we propose a speleo-genetical model based on the existence of a network of hollows and conduits of phreatic origin, excavated by solution in the coastal mixing zone between fresh and sea water. These ancient voids were later affected by extensive collapse and breakdown processes, that contributed to volumetric growth of the cavern. Finally, important speleothems deposition phenomena complete the morphological frame of the locality, gifting to this cavern a spectacular beauty; among the speleothems that are present in the cave, it is necessary to mention phreatic crystallizations related to paleolevels of the Mediterranean sea during Upper Pleistocene.

Introducción

Las Coves del Drac, situadas en el término municipal de Manacor, constituyen sin duda una de las cavidades subterráneas más remarcables de la isla de Mallorca. A sus dimensiones respetables y su alto interés geo-espeleológico, hay que añadir el hecho de ser objeto de exploraciones pioneras a finales del siglo pasado, las cuales contribuyeron a dar a esta caverna un cierto renombre internacional. Hoy en día 800.000 turistas recorren anualmente sus galerías y salas, pues, desde el inicio de su explotación turística, esta

cueva se ha ido convirtiendo en punto de referencia obligado que atrae al turista que visita nuestra Isla.

A pesar de la relevancia que hemos apuntado, se puede afirmar que desde la década de los años 30 no se ha publicado nada que aporte algo nuevo al conocimiento naturalístico de las Coves del Drac. Es más, la información científica disponible sobre esta cavidad se encuentra francamente desfasada, al proceder de investigaciones que se sitúan en el intervalo cronológico que abarca desde 1896 hasta 1926. Por ello se

hacía cada vez más necesario el dedicar a esta importante cavidad mallorquina una monografía, que aportase informaciones cualitativamente coherentes con el conocimiento que en la actualidad se tiene sobre el karst de Mallorca. En esta línea, estas páginas intentarán exponer una visión actual de la morfología y génesis de este destacable aparato endokárstico, que constituye un caso paradigmático de la karstificación en el Sur y Sureste de Mallorca. Se aprovechará la ocasión también para pasar revista previamente a las distintas teorías espeleogenéticas que han sido propuestas para explicar la formación de esta notoria cavidad, así como para hacer un poco de historia sobre las exploraciones e investigaciones en ella realizadas.

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo económico de la firma GEOCONTROL S.A., de Madrid. Hemos de dejar constancia asimismo de las atenciones recibidas y las facilidades prestadas por parte del personal de las «Cuevas del Drach S.A.»; en particular, a su gerente D. Pedro Durán vaya nuestra sincera gratitud.

Apuntes históricos

No cabe duda de que las Coves del Drac eran conocidas desde tiempos remotos, como lo atestiguan los restos de cerámica talayótica, romana y musulmana encontrados en ella, así como la construcción talayótica situada en el interior de la cavidad cerca de su entrada natural.

En 1878 tiene lugar un suceso que representa, al parecer, la primera referencia literaria que se tiene de una visita a esta cueva. En esa fecha, dos barceloneses acompañados por un guía local se extravían por las salas de la **Cova Blanca**, permaneciendo perdidos por espacio de más de 16 horas. Esta anécdota se ve recogida en casi toda la literatura posterior sobre las Coves del Drac, contribuyendo a dotar a esta caverna del halo de misterio y grandiosidad que propiciará las exploraciones posteriores.

Pocos años después (1880) se publica el primer levantamiento topográfico de la cueva, debido al alemán F. WILL (Figura 1); dicho plano, efectuado originalmente a escala 1/500, se ve reproducido en publicaciones posteriores a diferentes escalas. Ese mismo año aparece ya la primera descripción más o menos extensa de la cavidad, publicada por TOBELLA (1880) en una revista barcelonesa. Con posterioridad irán proliferando las citas que aluden a esta destacable caverna manacorina; mencionaremos en este sentido a LOZANO (1884) que dedica un breve apartado a las cuevas de Mallorca en las anotaciones físicas y geológicas que acompañan a su mapa de la Isla.

Buena parte de la fama de la cueva que nos ocupa se debe a la visita de ella por personajes como el Archiduque Luis Salvador de Austria. Este destacable

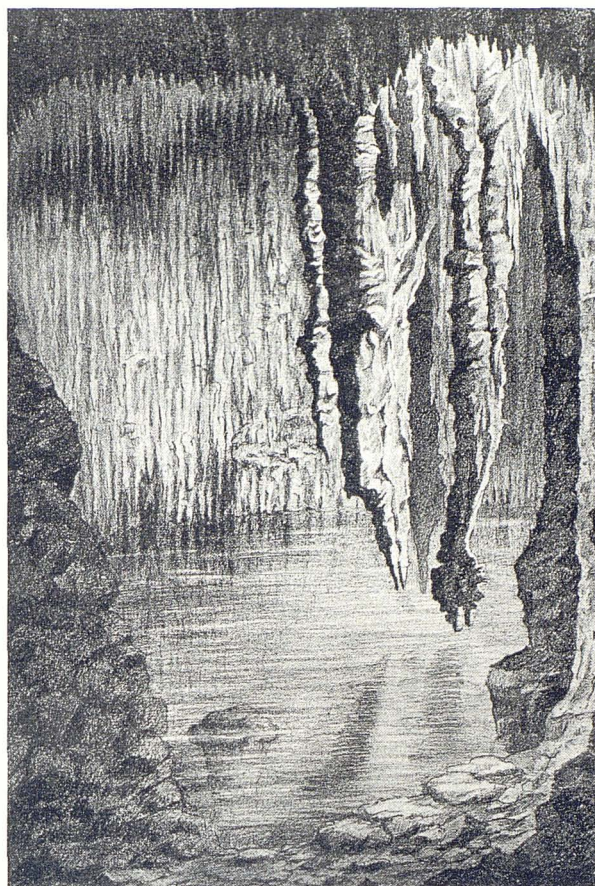


Figura 2: Grabado incluido en la obra de GAY & CHAMPSAUR (1885) que representa el rincón conocido como **Bany del Sultà**, en la **Cova Negra**. Obsérvese la presencia de espeleotemas fréuticos que forman apreciables engrosamientos sobre depósitos estalagmíticos pre-existentes.

viajero, científico y erudito llega a Mallorca en 1867, comenzando la publicación de su magna obra «*Die Balearen in Wort und Bild geschildert*», extenso tratado geográfico sobre nuestro archipiélago. El tomo IV de dicha obra (HABSBURG-LORENA, L.S.; 1884) contiene una descripción del sector conocido hasta el momento de esta cueva, incluyendo algunos grabados que recogen la belleza de sus salas. El mencionado autor advierte ya de la importancia y hermosura de la caverna, aunque no iguale en grandiosidad a las también famosas Coves d'Artà. En gran medida, la posterior historia de las Coves del Drac irá ligada a la figura del Archiduque Luis Salvador; éste será el responsable de los nuevos hallazgos que se efectuarán, al auspiciar las exploraciones del espeleólogo francés E.A. MARTEL (1896), así como del naturalista también galo J. MAHEU en 1911.

En 1885 aparece publicada una hermosa obra de S. GAY y B. CHAMPSAUR dedicada a las dos cuevas más importantes de Mallorca en aquel momento: las Coves d'Artà y las del Drac. Esa lujosa publicación reproduce el plano de F. WILL, aportando numerosos y bellos grabados que reflejan la exhuberante belleza de estas cavernas (Figura 2). De la obra mencionada

PLANO
DE LAS
CUEVAS DEL DRACH
EN MANACOR
POR
F. WILL

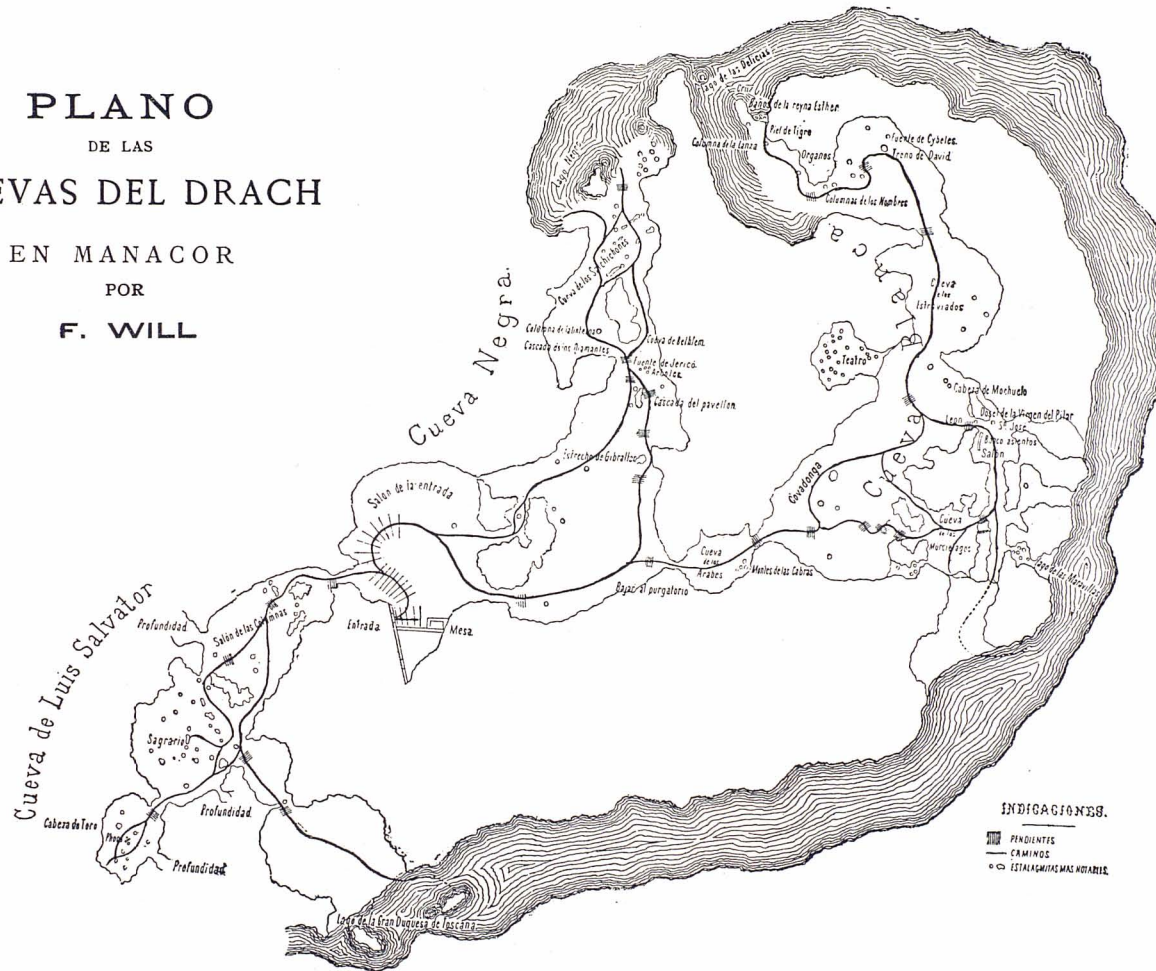


Figura 1: Plano elaborado por F. WILL en 1880, reproducido asimismo en la obra de GAY & CHAMPSAUR (1885).

existe una edición posterior anónima, efectuada el año 1903, que reproduce casi todas las ilustraciones del libro original.

Algunos años más tarde, otro viajero destacable visita Mallorca, ocupándose de describir las Coves del Drac y efectuando algunos grabados de gran calidad (Figura 3). Se trata de G. VUILLIER, escritor e ilustrador, quien durante su estancia en Mallorca el año 1888 llevará a cabo una incursión en la cueva, visitando tan sólo las salas de la **Cova Blanca** y la **Cova Negra**.

PUIG y LARRAZ en su catálogo de cavernas y simas de España y Baleares (1894) se ocupa escuetamente de la cavidad de nuestro interés, al parecer basándose en la descripción de TOBELLA (1880) en su visita a las cuevas de Mallorca.

En 1896 tiene lugar una importante campaña de exploraciones en las Coves del Drac, llevada a término por el espeleólogo francés E.A. MARTEL. Este destacado explorador e investigador del subsuelo, viene a Mallorca invitado por el Archiduque Luis Salvador, y animado por las impresiones que le ha comunicado su amigo G. VUILLIER, al que ya nos hemos referido. MARTEL efectúa, junto con Louis Armand, Pedro Bonet de los Herreros y Fernando Moragues (hijo este último del propietario de la cueva), una detenida exploración que supone el descubrimiento de

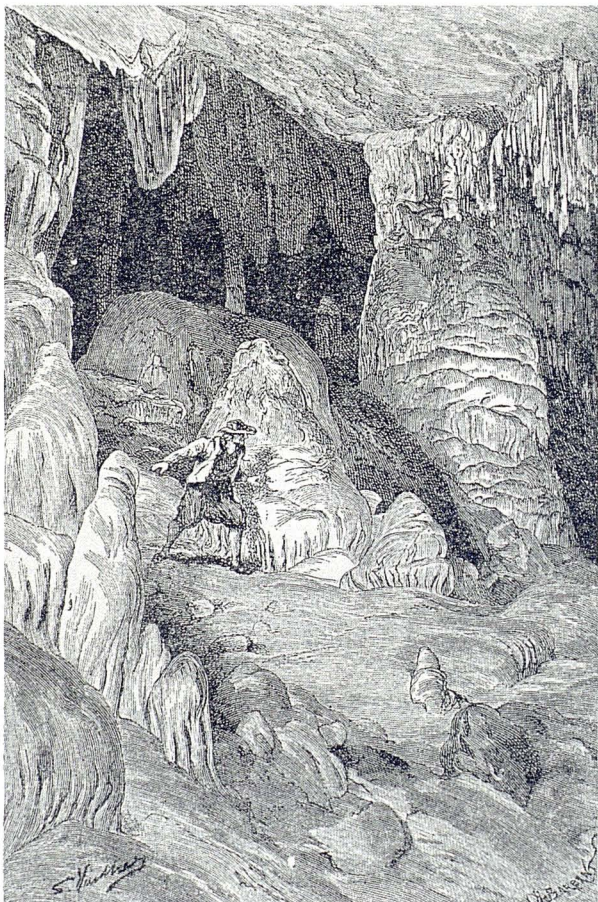


Figura 3: Grabado publicado por VUILLIER (1888), que recoge una panorámica de la **Cova Negra**.

grandes salas localizadas más allá de un extenso lago (**Llac Miramar** o **Llac Martel**) situado al final de la zona conocida como **Cova de Lluís Salvador**. Durante esa campaña, se realiza un extenso estudio de la caverna así como una topografía a escala 1/2.000 (Figura 4), que recoge las zonas conocidas con anterioridad junto con las salas recién descubiertas (MARTEL, 1896). El año 1901 este autor realizará una nueva expedición a Mallorca (MARTEL, 1903) en la que, además de explorar diversas cavidades inéditas, visita nuevamente las Coves del Drac suministrando datos adicionales sobre ella y numerosas fotografías. Las obras de MARTEL fueron abundantemente reeditadas en Palma entre los años 1920 y 1960, en diferentes idiomas, como consecuencia del renombre internacional adquirido por la cavidad, junto con el progresivo desarrollo del fenómeno turístico en Mallorca.

Las prospecciones biológicas iniciadas por Fernando Moragues en esta cueva, se vieron continuadas a principios del presente siglo con investigaciones como las realizadas por el eminente zoólogo rumano E.G. RACOVITZA. Dicho autor describe en 1905 un crustáceo ciego recolectado en los lagos de las Coves del Drac; se trata del isópodo *Typhlocirolana moraguesi*. Para muchos, este hito constituye el nacimiento de la bioespeleología moderna, al marcar el inicio de las importantes labores de investigación que RACOVITZA efectuará en relación con la fauna cavernícola.

El naturalista francés J. MAHEU se desplaza a Mallorca el año 1911, también bajo los auspicios del Archiduque Luis Salvador. En una publicación dedicada a las cavernas de Cataluña y Baleares (MAHEU, 1912), se ocupa brevemente de las cuevas de los alrededores de Porto Cristo, exponiendo asimismo algunas observaciones sobre su flora.

El año 1922, diversas salas de la cueva que nos atañe son adaptadas para su visita turística más o menos masiva. También en la década de los años 20 hay que consignar las investigaciones de L. RODÉS (1925) sobre las fluctuaciones del nivel de los lagos en esta cavidad; este trabajo incluye constataciones interesantes sobre la morfogénesis de la cueva.

Un año más tarde, M. FAURA y SANS (1926) publica una guía de las cuevas de Mallorca, con ocasión de las excursiones realizadas con motivo del XIV Congreso Geológico Internacional. En este librito se describen las Coves d'Artà, dels Hams y del Drac, dando diversas anotaciones acerca de su morfología y génesis; de todas las cuevas mencionadas se adjuntan nuevos levantamientos topográficos detallados (Figura 5), así como un plano general de las cuevas cercanas a Porto Cristo (Figura 6) efectuado por Rodrigo Varó.

Durante el primer tercio de nuestro siglo, numerosos naturalistas e investigadores fueron visitando las Coves del Drac y publicando diversas notas relacionadas con su morfogénesis. Mencionaremos a DARDER (1925, 1930), FOURMARIER (1926), JOLY (1929), JOLY & DENIZOT (1929).

En el año 1930 se publica en Palma la obra de J. CAPÓ VALLS DE PADRINAS, consistente en una descripción literaria de la caverna, acompañada de numerosas fotografías. El interés de esta publicación radica en que reproduce parcialmente los trabajos anteriores de CHAMPSAUR, MARTEL, FAURA y SANS, RODÉS, así como el plano incluido en el libro de FAURA y SANS (1926).

Durante el 1934 es encargada la iluminación eléctrica de la cueva al ingeniero catalán Carlos Buigas. Tras el paréntesis de la Guerra Civil Española, y a consecuencia del boom turístico que se experimentará en Mallorca, las Coves del Drac son visitadas por números cada vez mayores de turistas españoles y extranjeros, que alcanzan cifras superiores a los 800.000 visitantes anuales (1990).

Es posible afirmar que a partir de los años 30 el conocimiento naturalístico de esta importante cueva

cae en un paréntesis total; es como si el fenómeno turístico fuese incompatible con el progreso en el conocimiento científico de nuestro medio natural. De la segunda mitad del presente siglo, tan sólo es necesario mencionar la tesis doctoral de V.M. ROSSELLÓ-VERGER (1964) dedicada a la geografía del Sur y Sureste de Mallorca; en esta obra se dedica un apartado al modelado kárstico del área en estudio. Para finalizar es necesario dejar constancia de la reciente publicación (GINÉS & GINÉS, 1991) de nuevas ideas acerca de la espeleogénesis en el Migjorn de Mallorca, dentro de la Guía de las VII Jornadas de Campo de Geografía Física (celebradas en Mallorca el Marzo de 1991); de hecho, el apartado que se ocupa de esta cueva constituye un pequeño resumen de lo que se expondrá a lo largo de estas páginas.

Recientes actividades subacuáticas realizadas por espeleo-buceadores galeses en diversos lagos de

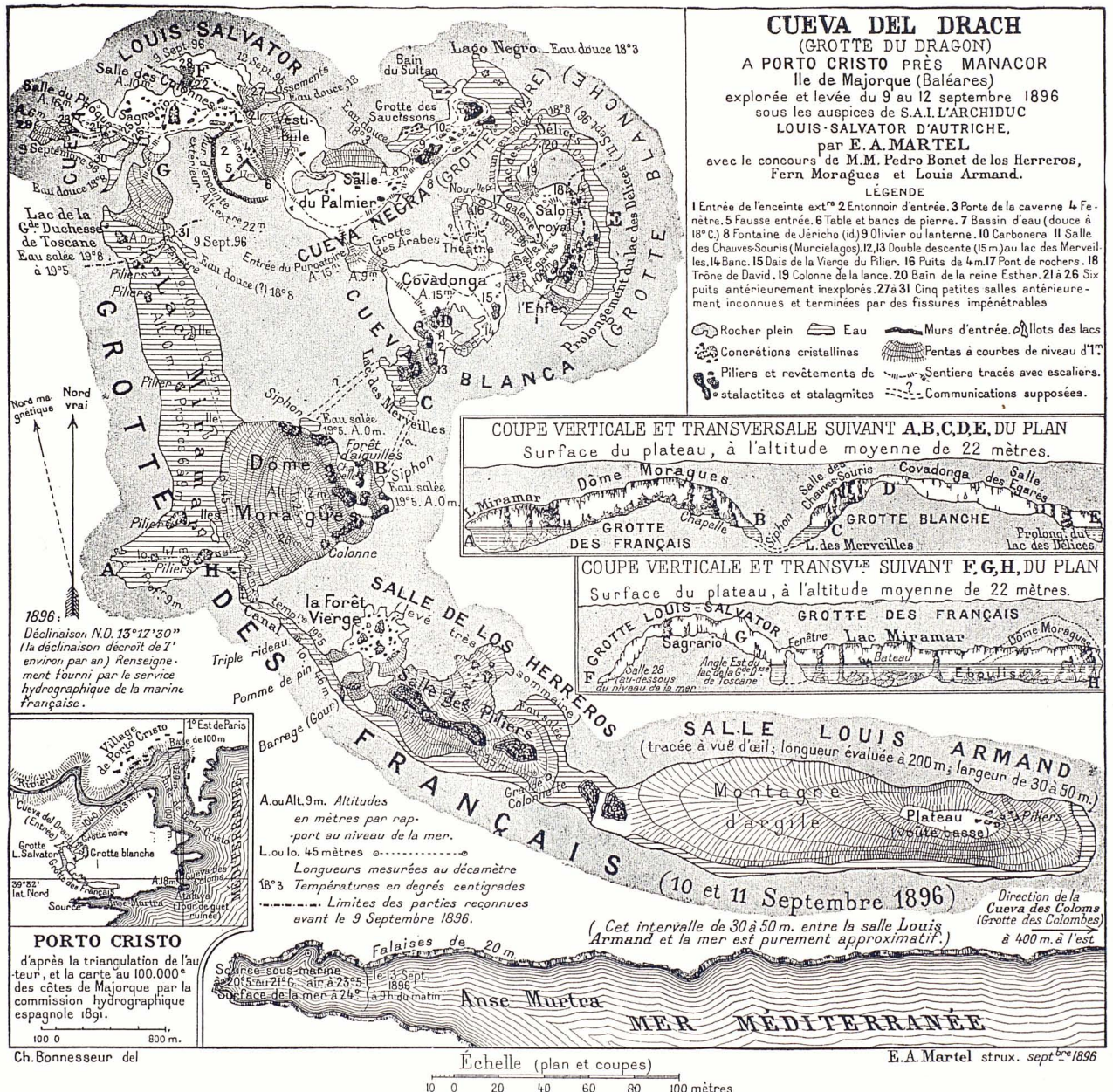


Figura 4: Plano elaborado por E.A. MARTEL en 1896.

la cavidad han supuesto la exploración de más de 600 metros de galerías inundadas (CLARKE, 1992); de esta forma las Coves del Drac se confirman como la caverna más extensa de las Baleares, con un desarrollo horizontal cercano a los 2.400 metros.

Descripción de la cavidad

Las Coves del Drac se abren en las cercanías de Porto Cristo (Manacor), a una cota aproximada de 27 metros por encima del nivel marino. Están situadas en terrenos pertenecientes al Mioceno post-orogénico de Mallorca, los cuales están constituidos por una secuencia de calcarenitas de edad Tortoniense, que incluye un interesante complejo arrecifal. Esta extensa área tabular abarca la porción Sur y Sureste de nuestra isla, presentando una peculiar karstificación, de la que la caverna que nos interesa supone un excelente ejemplo.

Esta cavidad subterránea presenta una sucesión de salas y galerías, espléndidamente adornadas por procesos estalagmíticos, cuyo desarrollo planimétrico supera los dos kilómetros de recorrido. En la Figura 7 hemos recogido una topografía reciente esquematizada de la cueva, en la que se ha señalado el recorrido de la visita turística al mismo tiempo que la toponimia más usual de sus salas. En la estructura planimétrica y volumétrica de las Coves del Drac es posible individualizar cinco unidades principales. Por un lado la **Cova Negra**, la **Cova Blanca** y la **Cova de Lluís Salvador** representan la zona conocida de la cavidad desde antiguo; por otro lado, la **Cova dels Francesos** y el **Llac Miramar** (también denominado **Llac Martel**) forman parte primordial del recorrido turístico, siendo el sector de la cavidad descubierto por MARTEL en sus exploraciones de 1896.

La caverna posee en la actualidad dos accesos. Uno de ellos constituye su entrada natural, que es hoy en día usada como salida para el recorrido turístico que se efectúa. El otro acceso, consiste en un túnel artificial que lleva directamente a la **Sala Lluís Ar-**

mand, en el extremo meridional de la **Cova dels Francesos**; esta apertura artificial es la que se emplea a modo de entrada para iniciar la visita de la cueva por parte de los turistas.

Aunque más adelante nos ocuparemos con detalle de los aspectos morfológicos destacables de la cavidad, conviene dar algunas pinceladas sobre la morfología general de la misma. La apariencia actual de esta cueva queda determinada por dos aspectos: la importancia de los mecanismos clásticos (*collapse* o *breakdown processes*) en el desarrollo tridimensional de sus salas, y la intensidad y belleza de los procesos de estalagmitización a lo largo de toda la caverna.

Ya se ha insinuado que las Coves del Drac están integradas por una sucesión de salas yuxtapuestas y comunicadas entre sí de modo más bien aleatorio. Esta estructura relativamente anárquica de la caverna obliga al visitante a numerosos ascensos y descensos, correspondiéndose con las grandes acumulaciones de bloques rocosos desprendidos del techo; la comunicación casi aleatoria entre salas próximas queda patente en el caso de la **Cova Negra** y la **Cova Blanca**, que se unen a través de la **Cova dels Àrabs** en un sector bajo de techo existente entre las cotas inferiores de las dos unidades hipogeas vecinas. Se trata de amplias salas evolucionadas en base a hundimientos y reajustes mecánicos de sus bóvedas, los cuales han contribuido al desarrollo volumétrico de la cavidad y a su crecimiento antigravitacional. De hecho, la propia entrada natural de la cueva obedece al hundimiento del techo de una sala subyacente. El desarrollo de los mecanismos de ajuste mecánico de bóvedas y paredes de la cavidad es tal que todo el suelo de sus salas está integrado por un sustrato de bloques heterométricos, fuertemente cementados por gruesas coladas estalagmíticas.

Por otra parte hay que referirse a los procesos de deposición de carbonatos que están presentes a todo lo largo de la cueva, confiéndole la belleza que ha dado a las Coves del Drac merecida fama. Los depósitos estalagmíticos son abundantísimos y variados. Zonas extensas del techo de la cueva se ven total-

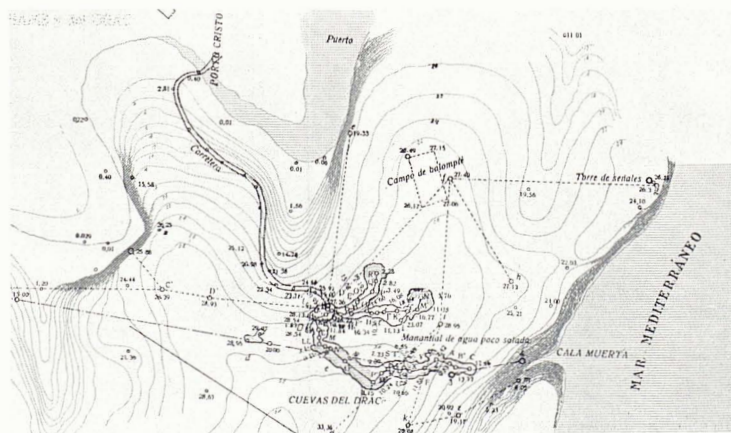


Figura 6:
Plano en el que se recoge la situación de las Coves del Drac y su relación con la topografía exterior de los alrededores de Porto Cristo (FAURA y SANS, 1926).

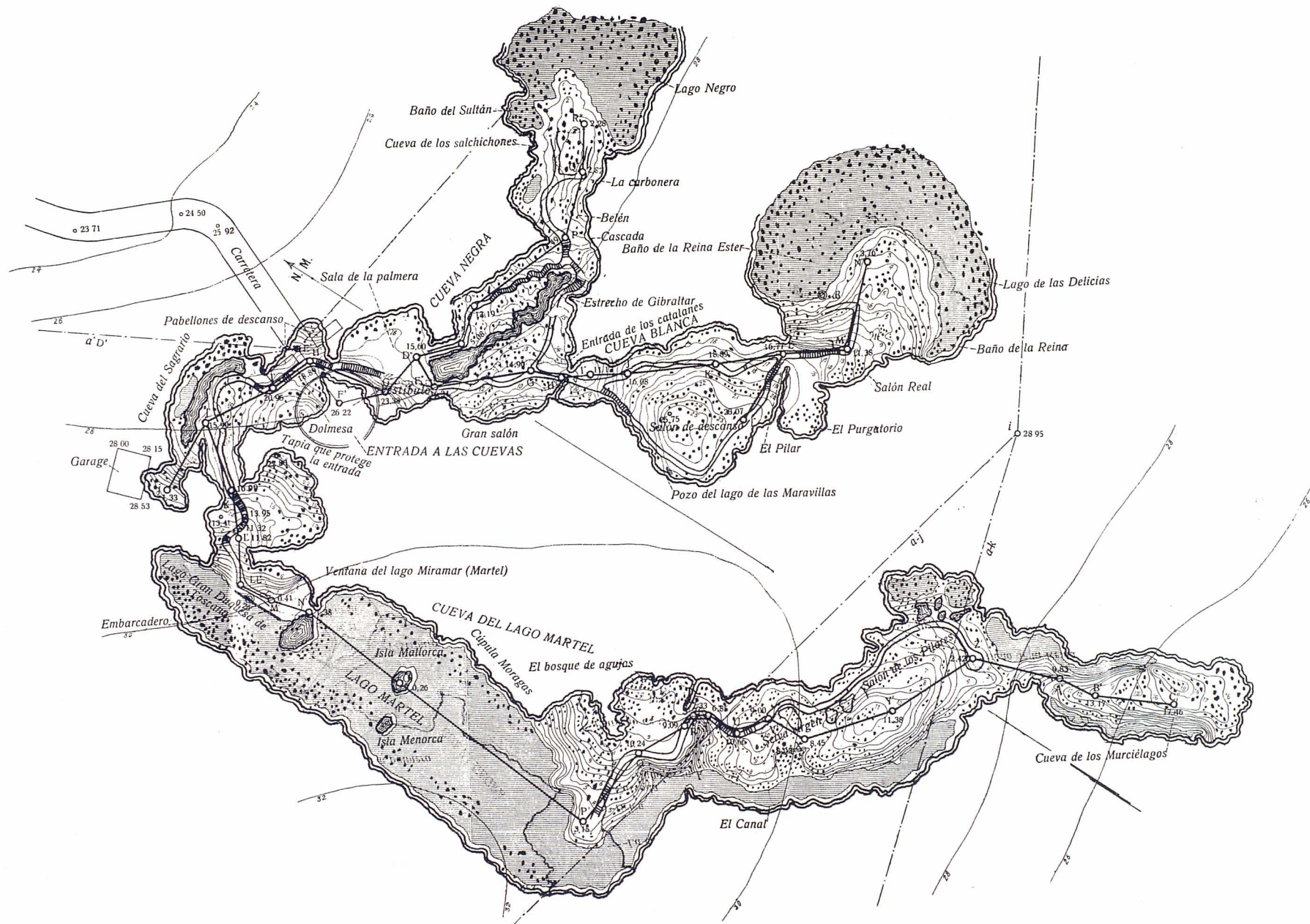


Figura 5: Topografía de las Coves del Drac incluida en el libro de M. FAURA y SANS (1926).

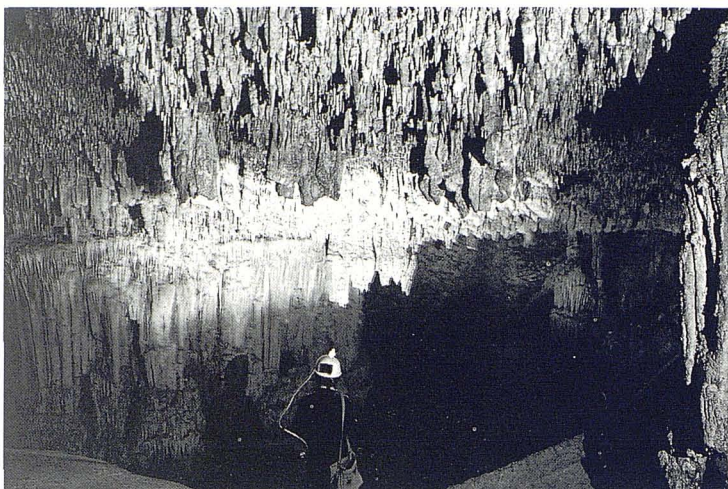


Foto 1:
Aspecto de la cueva en las proximidades del **Llac Negre**. Nótese la abundancia de pequeñas estalactitas que recubren totalmente el techo de la cavidad.

mente recubiertas de finas estalactitas (Foto 1); abundan asimismo las estalagmitas, columnas y gruesas coladas pavimentarias, que recubren las acumulaciones de bloques producidos por los mecanismos de hundimiento antes mencionados. Algunos de los depósitos estalagmíticos (columnas, coladas...) se ven afectados por procesos de soliflucción del sustrato de bloques rocosos, originando roturas y fragmentaciones en bastantes de estos espeleotemas.

Un último aspecto que conviene consignar es la presencia de lagos de aguas salobres, los cuales ocupan las cotas inferiores de las salas de la caverna. Estos lagos se corresponden con el actual nivel del mar, siendo perceptibles en ellos las oscilaciones del nivel marino, como es el caso de las mareas (RODÉS, 1925). Alguno de los lagos de las Coves del Drac tiene dimensiones notables: el **Llac Miramar** (o **Llac Martel**), juntamente con el **Llac de la Gran Duquesa de Toscana**, forman un lago de más de 125 metros de longitud, con una superficie aproximada de 2.000 m². Otros lagos destacan por su belleza, debiendo ser citados el **Llac Negre**, el **Llac de les Meravelles** y sobre todo el **Llac de les Delícies** (Foto 2).

En las aguas subterráneas de estos lagos están ocurriendo en la actualidad llamativos procesos de deposición de carbonatos en la interfase agua-aire. Estos mecanismos de precipitación química dan lugar a un sobrecrecimiento estalagmítico que afecta a las paredes de la cavidad, así como a las estalactitas y estalagmitas sumergidas en las aguas freáticas de la cueva (Figura 2); los engrosamientos cristalinos forman una banda de espeleotemas freáticos que se corresponde con el actual nivel marino y cuya amplitud coincide aproximadamente con la magnitud de las mareas.

De modo análogo a lo expuesto, en las inmediaciones de los actuales lagos salobres de la cavidad se observan alineaciones de espeleotemas freáticos formados en la interfase agua-aire de pretéritos lagos hipogeos (Foto 3); los cuales están relacionados con estabilizaciones del nivel marino a alturas superiores a la

actual, que tuvieron lugar durante el Pleistoceno medio y superior. Estos paleoniveles del Mediterráneo han quedado registrados en las paredes y suelos, así como sobre estalactitas y estalagmitas, en forma de sobrecrecimientos bulbosos de carbonatos que delimitan con claridad la cota de estabilización del nivel freático, en correspondencia con los niveles marinos alcanzados durante los episodios interglaciales pleistocénicos (GINÉS & GINÉS, 1974; GINÉS *et. al.*, 1981). En las Coves del Drac ha sido posible reconocer hasta seis niveles de espeleotemas freáticos, con alturas que oscilan entre los +7,5 metros y el actual nivel del mar.

Revisión de las teorías espeleogenéticas propuestas

La falta de relaciones hidrogeológicas claras entre las Coves del Drac y la topografía de superficie, así como la casi total carencia (en el interior de la caverna) de morfologías de disolución kárstica atribuibles a condiciones espeleogenéticas precisas, han contribuido a que haya gran confusión en la bibliografía espeleológica disponible. Esta confusión se manifiesta tanto en las distintas teorías que se han propuesto para explicar el origen de estas cuevas, como en lo que se refiere a los mecanismos genéticos causantes de su larga evolución morfológica.

Otra circunstancia que ha podido influir en las desconcertantes explicaciones que se han planteado en torno a las Coves del Drac, desde finales del siglo pasado, consiste en que hasta hace pocos años casi todas las teorías espeleogenéticas habían sido desarrolladas a partir del modelo de cavidades alpinas y centro-europeas. Sólo muy recientemente, la exploración y estudio de cavidades kársticas costeras en el Caribe y en el Pacífico austral han proporcionado modelos interpretativos más concordantes con las características de las cavernas del Migjorn mallorquín.

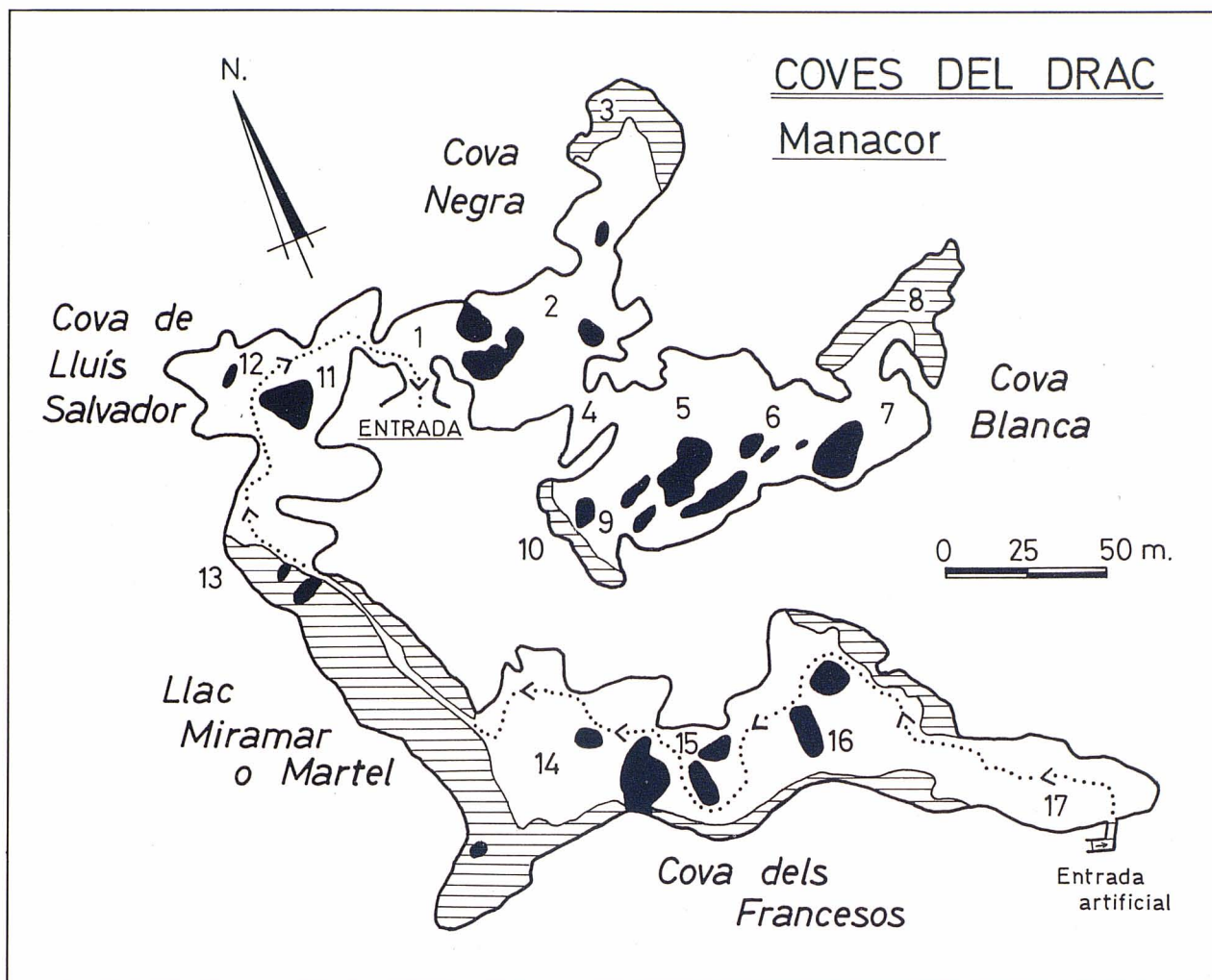


Figura 7: Topografía reciente esquematizada en la que se señala el recorrido turístico, así como la toponimia más usada de las principales salas y galerías de la cueva. 1: Vestibul; 2: Sala de la Palmera; 3: Llac Negre; 4: Cova dels Àrabs; 5: Covadonga; 6: Sala dels Extraviats; 7: Saló Reial; 8: Llac

de les Delícies; 9: Sala de les Rates-pinyades; 10: Llac de les Meravelles; 11: construcció talayòtica; 12: Sala de les Columnes; 13: Llac de la Gran Duquesa de Toscana; 14: Cúpula Moragues; 15: Selva Verge; 16: Sala dels Herres; 17: Sala Lluís Armand.

Resumiendo, los principales tipos de espeleogénesis que han sido propuestos en la bibliografía para las cuevas de la comarca de Migjorn, a la que pertenecen las Coves del Drac, se podrían agrupar en 4 grupos de teorías que se van sucediendo en el tiempo desde las exploraciones pioneras de MARTEL en 1896 hasta la actualidad: 1. Acción del *oleaje marino*, 2. Erosión realizada por un *río subterráneo*, 3. Formación de *conductos freáticos* por disolución, y 4. Excavación de *cavidades freáticas en la zona de mezcla de agua dulce/agua salada*. Todas ellas coinciden, sin embargo, en el papel desempeñado por los procesos de hundimiento, tanto en la configuración actual de la cueva como en la desaparición de los rastros de anteriores etapas evolutivas. Las diferencias radican fundamentalmente en los mecanismos iniciales que se han sugerido para dar cuenta del considerable vaciado de roca, que hubo de preceder a la expansión por hundimiento de las principales salas.

Únicamente MARTEL (1896) atribuye el origen de las Coves del Drac a la *abrasión marina*. Textualmente afirma que «es una caverna marina, pero de excepcional extensión. Las costas de Europa no poseen, a lo que yo sé, ninguna tan vasta... Así, pues, el mar y no un río subterráneo, es el que parece haber excavado la cueva del Drach...». Muy ilustrativa sobre el desconcierto de MARTEL es la siguiente nota a pie de página: «Se puede creer que la cueva del Drach es obra de las filtraciones del río que serpentea al Norte; pero es mi opinión que se debe abandonar esta hipótesis: primero, a causa del aspecto general de la caverna, que no se asemeja a ninguna por la que circulen o hayan circulado corrientes subterráneas; segundo, porque dada la pequeña extensión de la cuenca del riachuelo de Porto Cristo, no parece haber podido ser bastante para practicar semejante hueco». Posteriormente en MARTEL (1903) y MARTEL (1921) se mantiene esta interpretación, aunque el autor se refiere a

«... una preparación, en alguna medida, de la cueva del Drach por antiguas pérdidas subterráneas del río de Porto Cristo».

La hipótesis del *río subterráneo* es planteada por primera vez por MAHEU (1912) a propósito de las Coves dels Hams, cuya litología y características morfológicas son muy similares a las del Drac. En realidad se trata de la explicación más tradicional dentro del contexto de los karsts de estilo europeo, y por esta razón diferentes versiones de esta modalidad espeleogenética aparecen sugeridas más tarde en RODÉS (1925), DARDER (1925), FAURA y SANS (1926), JOLY (1929), DARDER (1930; 1932), ROSSELLÓ-VERGER (1964).

Aunque en MAHEU (1912) no se encuentran referencias directas a la espeleogénesis de las Coves del Drac, éste observa que «... en la época de excavación de la cueva (dels Hams), el agua del mar aún no había penetrado, y por lo tanto su acción no puede explicar la excavación de la cavidad. La presencia de estalagmitas en el fondo de los lagos demuestra que en la época de su formación el agua no podía cubrirlas». Afirma que el conjunto de cuevas y simas dels Hams «representa el lecho de un antiguo río subterráneo, hoy desaparecido» e incluso habla de «aguas tumultuosas» que «producían remolinos» capaces de desgastar mecánicamente las bóvedas.

Mucho más prudente es RODÉS (1925) cuando argumenta que «... en todo caso las aguas del mar encontraron la cueva (del Drac) hecha, si bien las olas, con su acción corrosiva y erosiva sobre la costa, pudieron facilitar la comunicación cooperando a la acción de las aguas subterráneas». JOLY (1929) y JOLY & DENIZOT (1929) proponen un río subterráneo convencional, no tan catastrofista como el de MAHEU y comparable con el río subterráneo que acababan de explorar en la Cova de les Rodes (Cala Sant Vicenç, Pollença). JOLY & DENIZOT (1929) puntualizan que «una antigua teoría atribuía la excavación de las cuevas a la acción del mar, al romper las olas durante las tempestades; su imposibilidad mecánica nos la ha hecho abandonar y reemplazarla por la de una sumersión brusca de galerías excavadas por agua corriente». Por su parte, DARDER (1925, 1930, 1932) también combate la opinión de MARTEL de que las cavernas de la comarca de Manacor hayan sido producidas por la acción del mar, afirmando que «son exclusivamente formadas por la acción de los ríos subterráneos».

El trabajo de THOMAS-CASAJUANA & MONTORIOL-POUS (1951), sobre las cuevas exploradas en las calcarenitas del Mioceno de Parelleta (Menorca), está a mitad de camino entre el concepto de río subterráneo vadoso y el de conductos colectores «a presión» (sic); los cuales, en la bibliografía francesa y española, son un claro equivalente de los tubos freáticos (*phreatic tubes*) de la bibliografía inglesa. Sin embargo, algunos años más tarde MONTORIOL-POUS (1970)

se pronuncia por un origen marino para la Cova des Drac de Cala Santanyí.

Las primeras sugerencias sobre un origen inicialmente freático de las cavernas del Migjorn mallorquín aparecen en GINÉS & GINÉS (1976) y vuelven a ser ratificadas en GINÉS & GINÉS (1977, 1987) y en TRIAS & MIR (1977). En GINÉS & GINÉS (1976), con relación a las Coves del Pirata (Manacor), se plantea la posibilidad de que «... siguiendo los planos de estratificación, y favorecida por las características litológicas de los materiales Tortonienses, se estableciera una red de conductos freáticos...», mientras TRIAS & MIR (1977) opinan que «a la mayoría (de las cavidades de la zona de Can Frasquet-Cala Varques) se les puede atribuir una formación inicial en régimen freático». Respecto a la Cova des Pont, TRIAS & MIR (1977) insisten en el mismo esquema genético: «... formación inicial de conductos en régimen freático, procesos de hundimiento y retoques estalagmíticos». Por su parte, GINÉS & GINÉS (1977) advierten que «no quedan apenas vestigios de las primitivas cavidades y en cambio se aprecia un claro predominio de las morfologías ligadas a los procesos de hundimiento (acumulaciones de bloques, grandes hemiconos de derrubios y techos parabólicos en busca del perfil de equilibrio). Abundan las cavernas dotadas de formaciones estalagmíticas y, en muchas cuevas, estos mecanismos han actuado con bastante intensidad».

Más recientemente, GINÉS & GINÉS (1986) incluyen una pequeña referencia acerca del papel de la *mixing zone* costera en Mallorca (zona de mezcla entre aguas dulces y aguas marinas), con relación a ciertos estudios cronológicos en karsts insulares. En un trabajo posterior GINÉS & GINÉS (1989b) afirman textualmente: «... Tan sólo algunas cuevas como la Cova des Drac (Santanyí) o Sa Cova Figuera (Manacor) permiten reconocer fragmentos de antiguas redes de conductos freáticos, más o menos laberínticos. La excavación de las formas endokársticas del Migjorn mallorquín (al igual que sucedería con las cuevas de Formentera y del Migjorn de Menorca) podría relacionarse con una génesis freática en la zona de mezcla entre agua dulce y salada; zona cuya importancia espeleogenética ha sido ya puesta de manifiesto en otros karsts costeros. También parece influir de modo decisivo, en la localización de las cavidades penetrables, la distribución espacial de las distintas facies que componen el complejo arrecifal del Mioceno Superior balear».

Evidencias morfológicas presentes en la caverna

La interpretación del origen de las Coves del Drac es particularmente problemática, debido a que las evidencias disponibles sobre la naturaleza y sobre las ca-

racterísticas de las cavidades primitivas que iniciaron la formación del conjunto de cuevas son en la actualidad escasísimas. Por esta razón es imposible atribuir con cierto rigor a unos u otros mecanismos geológicos la espeleogénesis de estas cavernas, sin reunir previamente datos morfológicos concretos que permitan pasar de simples conjeturas a hipótesis más o menos fundamentadas.

Después de observar con detenimiento todas las salas que constituyen la cueva, sólo se han logrado obtener los siguientes datos morfológicos significativos:

– A pesar de que la cantidad de superficie rocosa aflorante, por rotura y hundimiento, en techos y paredes de la cueva es muy considerable, sorprende la falta de conductos (*phreatic tubes*) o de cúpulas de corrosión (*bell-holes*) o incluso de huecos esponjosos (*spongework*) que pudieran denotar condiciones de disolución intensa en régimen freático. Tampoco se ha podido identificar ni una sola morfología de carácter vadoso, relacionada con aguas de infiltración (como chimeneas o pozos verticales = *domepits*) o con aguas circulantes en un contexto de «río subterráneo» (como huellas de corriente = *scallops*, o marmitas = *potholes*). Por consiguiente no parece haber ninguna evidencia de que las Coves del Drac hayan sido afectadas en tiempos recientes por circulaciones de agua subterránea de cierta magnitud, tanto de carácter vadoso como de carácter freático. Faltan también pruebas de que vacíos o conductos formados por disolución kárstica hayan podido contribuir significativamente a provocar hundimientos, por lo menos en los casi 30 metros de roca observable desde el nivel de los lagos hasta la superficie exterior.

– El único horizonte de corrosión kárstica que aparece en varios tramos de la cavidad en forma de pequeños *wall-pockets* y de unos pocos conductos irregulares que apenas llegan a tener 10 centímetros de sección, se localiza preferentemente entre 1 y 2 metros por encima de un nivel litológico de aspecto noduloso. Se trata de un dato interesante, pero dicho horizonte de corrosión poco puede haber influido en la

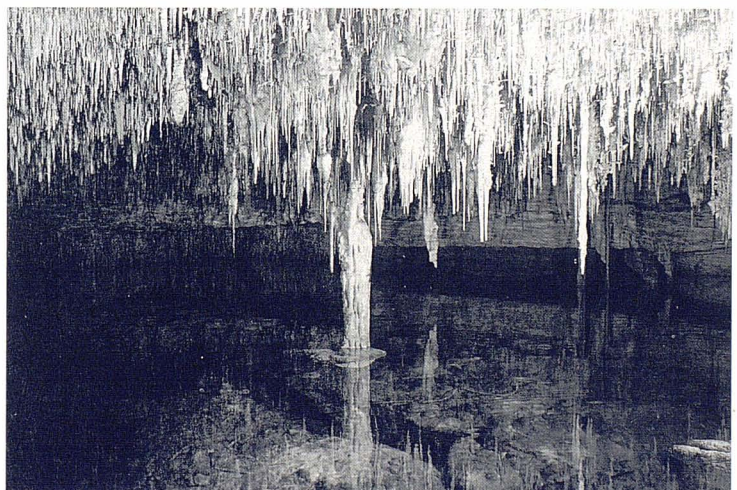
excavación general de la cueva, a causa del escaso volumen que suponen estas minúsculas cavidades si se las compara con las amplias salas que forman la caverna.

– La información espeleogenética contenida en los suelos es todavía menor que la que proporcionan techo y paredes, puesto que en ninguna sala se tiene acceso al sustrato rocoso, sino que por el contrario todos los suelos de las Coves del Drac están constituidos por grandes acumulaciones de bloques, ensamblados por potentes capas estalagmíticas y coladas pavimentarias de carbonato cálcico. Sin embargo, las faldas de las acumulaciones de bloques quedan inundadas por lagos de aguas más o menos salobres, que probablemente han tenido un papel importante por lo que concierne a la puesta en disolución de cantidades considerables de roca caliza en forma de los mencionados bloques desprendidos por hundimiento; promoviendo así indirectamente el crecimiento en volumen de las cuevas a lo largo de milenios.

– Es conveniente subrayar como dato especialmente significativo el hecho de que todas las salas prosiguen por debajo de esas aguas salobres y que, por lo tanto, el mayor volumen de cavidades originarias debe corresponder a niveles de excavación que se encuentran situados por debajo del actual nivel del mar. De un modo general, las cuevas engendradas como consecuencia de procesos de hundimiento crecen siempre en un sentido remontante, a partir de los vacíos que en su momento provocaron el comienzo de un desequilibrio mecánico local. Por el contrario, no es verosímil el crecimiento de la bóveda de características semejantes a las que se aprecian en las Coves del Drac mediante mecanismos que progresen de arriba a abajo; es decir en sentido descendente. La explicación más razonable consistiría en atribuir la excavación de las cavidades embrionarias, responsables de la formación de las actuales salas que integran la cueva, a etapas de disolución freática (en la *coastal mixing zone* = zona costera de mezcla de agua dulce/agua salada) relacionadas con niveles de base marinos emplazados más de 10 metros bajo el presente

Foto 2:

Vista del **Llac de les Delícies**, en el sector de la cavidad conocido como la **Cova Blanca**.



nivel del mar. Todavía más incierto es proponer una edad para esa etapa de karstificación intensa, ya que durante el Plioceno y quizás también en el transcurso del Pleistoceno Inferior pudieron producirse estabilizaciones del nivel del mar capaces de causar esos efectos. Es muy probable que nada más concluir la crisis Messiniense se iniciara la formación de las primitivas cavidades, en los tiempos finales del Terciario y coincidiendo con niveles del mar ligeramente inferiores al actual.

– La estructura en planta del trayecto de las salas y galerías de las Coves del Drac (igual que sucede en la mayor parte de las cuevas de la comarca de Migjorn) es en apariencia caótica y resulta difícil encontrar líneas de fracturación que las justifiquen. Tampoco parecen apreciarse pautas hidrológicas claras en el trazado de sus galerías. En nuestra opinión la estructura básica que se repite en las cavernas del Migjorn mallorquín, Coves del Drac incluidas, consiste en grupos de salas abovedadas que en el curso de su crecimiento han entrado en coalescencia (GINÉS & GINÉS, 1977; 1987), sin que haya habido condicionantes más decisivos que los estrictamente mecánicos. El crecimiento focalizado de tales bóvedas-unidad, a partir de zonas previamente debilitadas por la corrosión kárstica, podría explicar la aparente aleatoriedad de la estructura de cuevas que, como ocurre en el caso de las Coves del Drac, pueden superar los 2 kilómetros de recorrido.

– Por último, los procesos más efectivos en el presente modelado de la cavidad están generando morfologías que enmascaran e incluso destruyen las primitivas huellas de las etapas correspondientes al origen y formación inicial de la cueva; cuyo comienzo se remonta previsiblemente a unos pocos millones de años. El actual paisaje subterráneo de las Coves del Drac está dominado por grandes acumulaciones de bloques resultantes de hundimientos (*breakdown boulders*), así como por el amplísimo desarrollo de formaciones estalagmíticas (*flowstone, dripstone, phreatic speleothems* = espeleotemas vadosos y freáticos). Las relaciones entre caídas de bloques y crecimiento de coladas y estalagmitas son con frecuencia complicadas, incluyendo: sucesivas fases de hundimiento y desarrollo de espeleotemas, bloques desprendidos que poseen estalactitas pre-existentes, columnas rotas y basculadas por subsidencia del sustrato rocoso, así como diversas generaciones de coladas que engloban estalagmitas y bloques caídos del techo. Pero aunque los espeleotemas y las acumulaciones de bloques plantean interesantes problemas de tipo estratigráfico y aunque se trata de morfologías abundantemente representadas en el endokarst del Migjorn mallorquín, tan sólo contienen información sobre las últimas fases de la evolución de las cuevas. Pocos datos pueden aportar para el reconocimiento de las etapas más antiguas de la caverna, ya que el intervalo

que abarcan es de apenas unos cientos de miles de años.

La espeleogénesis de las cavidades del Migjorn de Mallorca

En las cavidades de la comarca del Migjorn faltan indicadores morfológicos concluyentes que permitan asignar a determinados procesos morfogenéticos el origen y desarrollo de esas importantes formas del endokarst, cuyas dimensiones y características son muy destacables como es bien conocido. Ya se ha comentado ampliamente en un apartado anterior lo difícil que resulta plantear una interpretación de la espeleogénesis del conjunto de cavernas que constituyen las Coves del Drac, debido a la práctica desaparición de indicios acerca de las primeras protocavidades que dieron origen al crecimiento de la cueva. Ello obliga a debatir este problema en el terreno de las conjeturas e impide aventurar hipótesis que pretendan ser definitivas.

El desarrollo en planta de estas cuevas parece demasiado anárquico como para intentar detectar en él ni controles de carácter tectónico (relacionados con redes de fracturas) ni tan siquiera una estructura hidrológica que justifique un sentido de drenaje preferente, actual o pasado. Probablemente la única observación significativa, que merece ser destacada a este respecto, consiste en la disposición del conjunto de las cuevas dentro del istmo comprendido entre la ría de Porto Cristo y el entrante de Cala Murta. Quizás las cavidades primitivas no fueron ajenas a un movimiento de circulación de las aguas subterráneas encaminado divergentemente hacia ambos barrancos.

Aunque las diferencias de litología, debidas a cambios de facies locales en los materiales del Mioceno, pueden haber focalizado la disolución e iniciado la formación de vacíos de geometría imprevisible, tampoco se tiene acceso directo a los estratos en los que comenzó la génesis de la caverna por encontrarse éstos situados bajo el nivel del mar. Es probable que una combinación de factores hidrológicos y litológicos hayan sido los responsables de que comenzaran a engendrarse, en tiempos muy remotos, pequeñas protocavidades en las inmediaciones de la desembocadura de ciertos flujos de aguas subterráneas dirigidos hacia la costa, en la que varios barrancos (como los ya mencionados) han practicado profundas incisiones.

Esta interpretación, sin embargo, no postula la existencia de un río subterráneo, en el sentido en que se aplica este concepto a las enérgicas corrientes de aguas kársticas que caracterizan a los karsts y cuevas de la Europa continental y alpina. Por el contrario, el conjunto del Mioceno meridional mallorquín es muy poroso y presenta unas condiciones hidrodinámicas

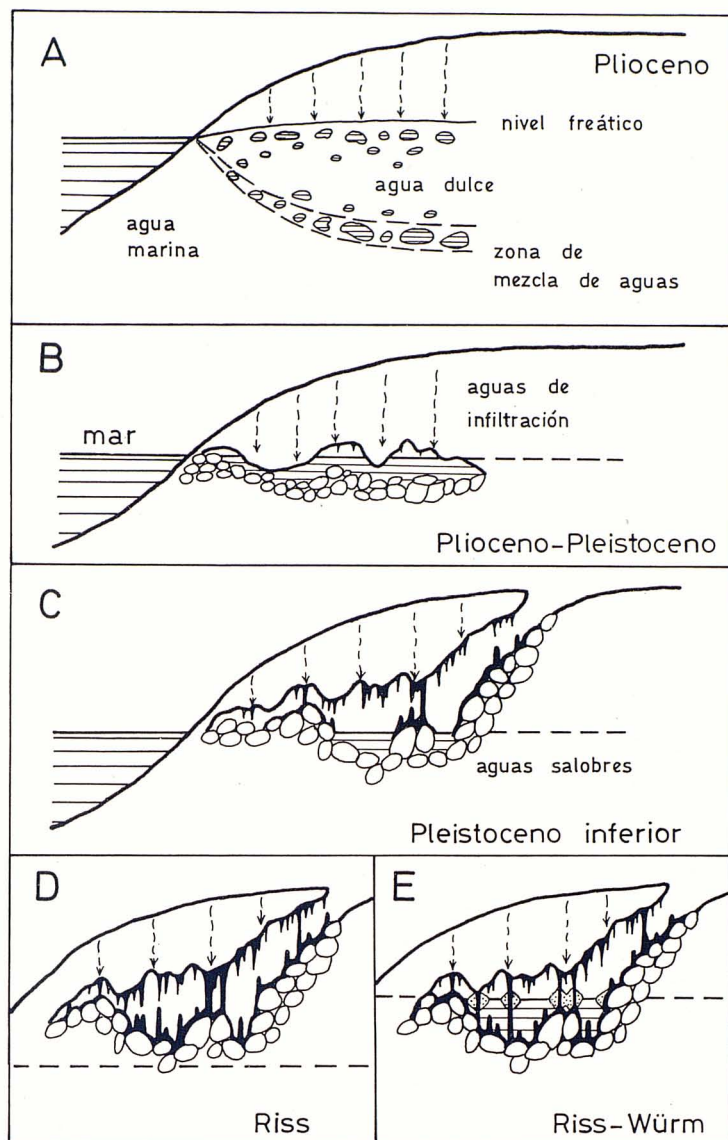


Figura 8:

Secuencia evolutiva propuesta para la espeleogénesis de las Coves del Drac. **A:** Excavación inicial por disolución en régimen freático, en particular en la zona de mezcla de aguas dulce y marina. **B:** Procesos de hundimientos y ajustes mecánicos de las bóvedas, que contribuyen al desarrollo volumétrico de la caverna. **C:** Importantes fenómenos de estalagmitización adornan la cavidad, al tiempo que cubren el sustrato de bloques rocosos. **D:** Coincidiendo con fluctuaciones negativas del nivel marino (glaciaciones) se forman estalagmitas aéreas en lo que son los lagos actuales de la cueva. **E:** Las oscilaciones positivas del nivel marino (eventos interglaciales) quedan registradas mediante paleoniveles de espeleotemas freáticos depositados sobre las paredes de la cueva, así como sobre estalagmitas y estalactitas aéreas pre-existentes.

radicalmente distintas. Por este motivo, para consultar bibliografía que describa cavidades semejantes a las cuevas de Manacor es preciso buscar referencias que traten de cavernas kársticas «caribeñas»; como las de NÚÑEZ-JIMÉNEZ (1967) en Cuba, A.N. PALMER *et al.* (1977) en las Bermudas, R. PALMER (1985) en las Bahamas y MYLROIE (1988) en las islas de San Salvador. El modelo espeleogenético que se debate en los citados trabajos parece aplicable, con ligeros matices, a las cavidades del Migjorn de Mallorca.

Varias características morfológicas de las cuevas costeras existentes en las islas del Atlántico norte circuntropical, resultan ser similares a las que muestran las Coves del Drac. Por otra parte, los materiales karsificados en los cuales se emplazan esas cuevas también corresponden a calcarenitas porosas y construcciones arrecifales, comparables a las del Mioceno mallorquín.

Recientemente BACK *et al.* (1984) han sugerido que, en los karsts costeros, la zona donde se produce

la mezcla de aguas dulces y salobres (denominada *groundwater mixing zone*) debe ser particularmente activa desde un punto de vista geoquímico, posibilitando la formación de cavidades irregulares y de niveles u horizontes de disolución diferencial. Aunque las primeras observaciones geoquímicas que sustentaban esta hipótesis fueron efectuadas en Yucatán (México), HERMAN *et al.* (1986) han extendido posteriormente sus datos a los terrenos miocénicos de Mallorca y Menorca con resultados similares. Por lo tanto, y de acuerdo con las estimaciones teóricas de la agresividad potencial de esas aguas salobres subsaturadas en bicarbonato cálcico, parece razonable atribuirle a la *groundwater mixing zone* un papel importante en la excavación de los vacíos iniciales que han dado origen a las Coves del Drac. Tampoco hay que descartar que, una vez comenzados los procesos de hundimiento, la puesta en disolución de cantidades adicionales de roca haya proseguido tanto en las paredes como en los suelos constituidos por acumulaciones de blo-

ques, por debajo de los niveles de inundación que haya habido en cada momento de la larga historia de la cueva.

En síntesis, el esquema evolutivo que proponemos para explicar la espeleogénesis de las cavernas de la comarca de Manacor se basa en tres etapas, que en realidad han podido ocurrir de una forma gradual y continuada, solapándose en el tiempo; hasta tal punto que quizás sería más oportuno entender este proceso como una evolución secuenciada en la que esas tres etapas se entremezclan, sin que sea posible separarlas rigurosamente. El modelo escogido incluye ideas procedentes de los trabajos de PALMER (1984), JENNINGS (1985), MYLROIE (1988) y FORD & WILLIAMS (1989), con algunas modificaciones.

1.ª ETAPA. Desarrollo de horizontes de disolución y pequeñas cavidades de geometría irregular en las 2 delgadas zonas en las que fluyen aguas potencialmente agresivas: es decir, en la parte superior (donde fluyen aguas dulces procedentes de infiltraciones kársticas relativamente difusas) y en la parte inferior de la masa de aguas dulces (donde fluyen mezclas de aguas salobres subsaturadas con respecto a la calcita). Ello daría lugar a *solution pockets*, *sponge-work*, *solutional horizons* y *flank margin phreatic chambers* (cavidades freáticas todas ellas de estructura irregular), y sólo muy excepcionalmente a *phreatic tubes* (galerías freáticas lineales); sobre todo a causa del carácter difuso y poco jerarquizado de las circulaciones de las aguas subterráneas en esos terrenos tan porosos. Además, la disolución preferencial de masas de corales pudo colaborar también a la formación de vacíos de geometría aparentemente caótica.

2.ª ETAPA. El crecimiento de vacíos, producidos por disolución, modifica la permeabilidad de la roca y adelgaza (hasta anularla casi completamente) la zona de agua dulce, mientras la haloclina remonta y se llega a aproximar mucho a la superficie freática. De una manera simultánea, empiezan a producirse hundimientos de pequeñas dimensiones en los lugares en los que la abundancia de protocavidades crea inestabilidades locales. Los productos resultantes del hundimiento (bloques y fragmentos de roca) van siendo retirados por disolución en las aguas salobres de esas cavidades. Es probable que, tal como lo sugiere PALMER (1985), un importante factor desencadenante de hundimientos no sea otro que las oscilaciones de la superficie freática (*water table*) relacionadas con fluctuaciones descendentes del nivel marino. Las bóvedas que se comienzan a formar sufren repetidos desequilibrios y tensiones al perder el soporte mecánico de las aguas freáticas, durante las retiradas del nivel del mar.

3.ª ETAPA. Las cavidades experimentan considerables modificaciones como consecuencia de una complicada sucesión de crisis mecánicas, que provocan hundimientos, y momentos de relativa estabilidad que permiten el crecimiento de capas estalagmíticas.

Mientras tanto la cueva va creciendo significativamente y las morfologías originarias desaparecen casi por entero. Las fluctuaciones del nivel marino tampoco son ajenas a estos procesos, ya que interfieren con el crecimiento de las estalagmitas inhibiendo su formación, corroyéndolas o depositando eventualmente en torno a ellas cristalizaciones freáticas. Los hundimientos se ven estimulados por los descensos del nivel del mar, produciéndose caídas de bloques. Los ascensos del nivel del mar, por su parte, colaboran en el vaciado de las cavidades al sumergir en sus agresivas aguas salobres las faldas de las acumulaciones de bloques, haciendo posible el lento crecimiento de las salas que caracterizan a estas cavernas.

MYLROIE (1988) ha demostrado mediante sus estudios en las islas atlánticas de San Salvador que el desarrollo de cavidades penetrables, de dimensiones medias, puede tener lugar en calcarenitas costeras parecidas a las mallorquinas durante lapsos de tiempo tan breves como 15.000 años !. Recuérdese que el tiempo transcurrido desde los últimos momentos del Mioceno (varios millones de años) parece indicar que las Coves del Drac se encuentran en una fase muy avanzada de esa tercera etapa.

Como conclusión de la teoría espeleogenética que aquí se propone, conviene acotar el margen de tiempo en que se produjo la excavación y evolución morfológica de las Coves del Drac (Figura 8), estableciendo ciertas generalizaciones que puedan ser aplicables a otras cavernas de la comarca de Migjorn:

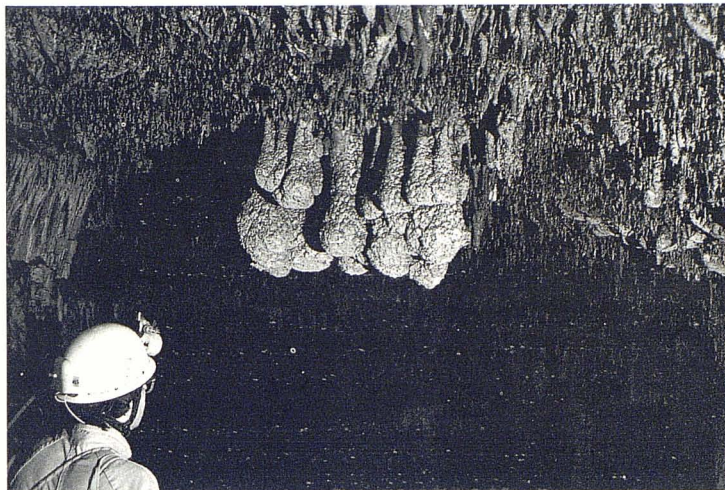
— Ya durante las últimas pulsaciones regresivas del Messiniense comenzaría la karstificación de los materiales calcáreos donde se encuentran las cuevas, tal como lo demuestran los ejemplos de paleokarst descritos en FORNÓS & POMAR (1983) y en FORNÓS *et al.* (1989).

— Correspondiendo con un nivel de base marino (relativamente estable o poco fluctuante), situado tal vez cerca de 10 metros por debajo del actual nivel del mar, la disolución freática en la zona litoral de mezcla de aguas dulce y marina produciría la formación de protocavidades de geometría irregular en las proximidades de la línea de costa. El desconocimiento de los niveles del mar durante los tiempos posteriores al Messiniense obliga a atribuir una edad fini-terciaria al estadio en que se generó ese principal horizonte de karstificación subterránea inicial.

— Aprovechando la primitiva red de vacíos y conductos irregulares se desarrollarían importantes procesos de hundimiento, asociados con progresivos reajustes mecánicos de las bóvedas. Estos procesos, denominados globalmente *incasion* por BÖGLI (1980) o *cave breakdown* por JENNINGS (1985), son los responsables del crecimiento en volumen de las cavernas y de su migración vertical hacia la superficie, hasta provocar la apertura natural de la cavidad. La ampliación de las cuevas por hundimiento mecánico y disolución de los bloques caídos hay que situarla en el Plio-

Foto 3:

Espeleotemas freáticos situados en las cercanías del Llac Negre, que registran un paleonivel del Mediterráneo a una altura aproximada de +4 metros por encima del actual nivel marino.



ceno, prolongándose quizás hasta el Pleistoceno Inferior.

— A medida que se producía la acumulación de grandes cantidades de bloques, en el suelo de las cavernas, los procesos estalagmíticos llevaban a cabo el recubrimiento y consolidación de buena parte del sustrato de bloques rocosos, contribuyendo a dar a las cuevas un aspecto muy semejante al actual. Cabe suponer que esta fase es claramente pleistocénica, pero interesa hacer notar que en su transcurso no cesa la actividad de los procesos de hundimiento-disolución sino que los mecanismos de crecimiento de bóvedas prosiguen eficaces quizás hasta la actualidad. Así lo sugieren los importantes fenómenos de subsidencia del sustrato de bloques y los abundantes espeleotemas rotos y basculados.

— Pertenecen al Pleistoceno Superior los espeleotemas freáticos (GINÉS & GINÉS, 1974; GINÉS *et al.*, 1981) que aparecen en torno a los lagos de las Coves del Drac en forma de sobrecrecimientos bulbosos de carbonato cálcico. Estos engrosamientos corresponden a estabilizaciones del nivel marino que han quedado registradas en las paredes y suelos de la cavidad, así como alrededor de estalactitas o columnas. En las Coves del Drac se han podido observar hasta 6 niveles de espeleotemas freáticos (Foto 3), distribuidos entre el actual nivel de sus lagos (+0 metros s.n.m.) y la cota +7,5 metros. La edad en que se formaron estas interesantes cristalizaciones calcáreas puede superar los 200.000 años en los paleoniveles más altos, pero algunos de ellos, los más próximos al actual nivel marino, son postglaciales (HENNIG *et al.*, 1981; GINÉS & GINÉS, 1989a).

Bibliografía

BACK, W.; HANSHAW, B.B. & VAN DRIEL, J.N. (1984): Role of groundwater in shaping the Eastern coastline of the Yucatan peninsula, México. In *Groundwater as a geomorphic agent* editado por R.G. LaFleur. Allen & Unwin. 281-293. Boston.

- BÖGLI, A. (1980): *Karst hydrology and physical speleology*. Springer Verlag. 284 pp. Berlín.
- CAPÓ VALLS DE PADRINAS, J. (1930): *Las Cuevas del Drach*. 157 pp. Palma de Mallorca.
- CLARKE, O. (1992): Diary of cave diving expedition to Drach: 1991. *Journal Cwmbram Caving Club*. 13-17.
- DARDER, B. (1925): La tectonique de la région orientale de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Geol. France*. 4.^a sér. 25: 245-278. París.
- DARDER, B. (1930): Algunos fenómenos cársticos en la Isla de Mallorca. *Ibérica*, 33: 154-156. Barcelona.
- DARDER, B. (1932): *Investigación de aguas subterráneas para usos agrícolas*. Salvat Editores. Barcelona.
- FAURA Y SANS, M. (1926): *Las cuevas de Mallorca*. Publ. Inst. Geol. Min. España. XIV Congreso Geológico Internacional. 78 pp. Madrid.
- FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (1989): *Karst geomorphology and hydrology*. Unwin Hyman Ltd. 601 pp. Londres.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L. (1983): Mioceno Superior de Mallorca: Unidad Calizas de Santanyí (Complejo Terminal). In *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca)*. X Cong. Nac. Sedimentología. Guía de las Excursiones. 177-206. Palma de Mallorca.
- FORNÓS, J.J.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (1989): Paleokarst collapse features in the uppermost Miocene of Mallorca island (Spain). *Proceedings 10th International Congress of Speleology*. 1: 46-48. Budapest.
- FOURMARIER, P. (1926): Quelques observations sur l'ornamentation naturelle de deux grottes de l'île de Majorque. *Ann. Soc. Géol. Belg.* 49: 320-322, Lieja.
- GAY, S. & CHAMPSAUR, B. (1885): *Album de las cuevas de Artá y Manacor*. Luis Fábregas - Librería Española. 50 pp. + 2 planos + 25 grabados. Palma de Mallorca, Barcelona.
- GINÉS, A. & 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: 11-18. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1977): Datos bioespeleológicos obtenidos en las aguas cársticas de la Isla de Mallorca. *Comunicacions 6è Simp. Espeleologia*. 81-95. Terrassa.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. & POMAR, L. (1981): Phreatic speleothems in coastal caves of Majorca (Spain) as indicators of mediterranean pleistocene paleolevels. *Proceedings Eighth International Congress of Speleology*, 2: 533-536. Bowling Green.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1986): On the interest of speleochronological studies in karstified islands. The case of Mallorca (Spain). *Comunicaciones del 9.º Congreso Internacional de Espeleología*, 1: 297-300. Barcelona.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1987): Características espeleológicas del karst de Mallorca. *Endins*, 13: 3-19. Palma de Mallorca.
- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1989a): Absolute dating of phreatic speleothems from coastal caves of Mallorca (Spain). *Proceedings 10th International Congress of Speleology*, 1: 191-193. Budapest.

- GINÉS, A. & GINÉS, J. (1991): Karst costero, espeleogénesis en el Migjorn de Mallorca. Espeleotemas freáticos y paleoniveles del Mediterráneo. In *VII Jornadas de Campo de Geografía Física*. 197-206. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1976): Ses Coves del Pirata. *Endins*, 3: 41-45. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J. & GINÉS, A. (1989b): El karst en las Islas Baleares. In *El karst en España* editado por J.J. Durán y J. López. Sociedad Española de Geomorfología. Monografía n.º 4. 163-174. Madrid.
- HABSBURG-LORENA, L.S. (1884): *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Brockhaus. Vol. 5. Leipzig.
- HENNIG, G.J.; GINÉS, A.; GINÉS, J. & POMAR, L. (1981): Avance de los resultados obtenidos mediante datación isotópica de algunos espeleotemas subacuáticos mallorquines. *Endins*, 8: 91-93. Palma de Mallorca.
- HERMAN, J.S.; BACK, W. & POMAR, L. (1986): Speleogenesis in the groundwater mixing zone: the coastal carbonate aquifers of Mallorca and Menorca, Spain. *Comunicaciones del 9.º Congreso Internacional de Espeleología*, 1: 13-15. Barcelona.
- JENNINGS, J.N. (1985): *Karst geomorphology*. Basil Blackwell. 293 pp. Oxford.
- JOLY, R. de (1929): Explorations spéléologiques à Majorque. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 2 (3): 233-245. París.
- JOLY, R. de & DENIZOT, G. (1929): Note sur les conditions d'établissement des Grottes du Dragon, région de Manacor (Majorque, Baléares). *Compt. Rend. Somm. des Séances Soc. Géol. de France*, 5: 65-66. París.
- LOZANO, R. (1884): *Anotaciones físicas y geológicas de la Isla de Mallorca*. Excm. Dip. Prov. Baleares. Imprenta Casa de Misericordia. Palma de Mallorca.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des Iles Baléares. *Spelunca*, 8 (67): 69-107. París.
- MARTEL, E.A. (1896): Sous Terre. Les Grottes du Drach (Majorque). *Ann. Club Alpin Franç.* Vol. 23. París.
- MARTEL, E.A. (1903): Les cavernes de Majorque. *Spelunca*, 5 (32): 1-32. París.
- MARTEL, E.A. (1921): *Nouveau traité des eaux souterraines*. Doin. 838 pp. París.
- MONTORIOL-POUS, J. (1970): Nota sobre la Cova del Drac de Santanyí (Mallorca, Baleares). *Speleon*, 17: 41-45. Barcelona.
- MYLROIE, J.E. (1988): Karst of San Salvador. In *Field guide to the karst geology of San Salvador island, Bahamas*, editado por J.E. Mylroie. 17-43. Department of Geology and Geography, Mississippi State University.
- NÚÑEZ-JIMÉNEZ, A. (1967): *Clasificación genética de las cuevas de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba. 224 pp. La Habana.
- PALMER, A.N. (1984): Geomorphic interpretation of karst features. In *Groundwater as a geomorphic agent* editado por R.G. LaFleur. Allen & Unwin. 173-209. Boston.
- PALMER, A.N.; PALMER M.V. & QUEEN, J.M. (1977): Geology and origin of the caves of Bermuda. *Proceedings 7th International Speleological Congress*. 336-338. Sheffield.
- PALMER, R. (1985): *The Blue Holes of the Bahamas*. Jonathan Cape Ltd. 184 pp. Londres.
- POMAR, L.; GINÉS, A. & GINÉS, J. (1979): Morfología, estructura y origen de los espeleotemas epiacuáticos. *Endins*, 5-6: 3-17. Palma de Mallorca.
- PUIG Y LARRAZ, G. (1894): Cavernas y simas de España y Baleares. *Bol. Com. Mapa Geol. España*. 2.ª serie, Vol. 2: 38-50. Madrid.
- RACOVITZA, E.G. (1905): *Typhlocirolana moraguesi* n.g., n. sp. Iso-pode aquatique cavernicole des Grottes du Drach (Baléares). *Bull. Soc. Zool. France*, 30 (4): 72-80. París.
- RODÉS, L. (1925): Los cambios de nivel en las cuevas del Drach (Manacor, Mallorca) y su oscilación rítmica de 40 minutos. *Mem. Acad. Cien. Art. Barcelona*, 19(7): 207-221. Barcelona.
- ROSSELLÓ-VERGER, V.M. (1964): *Mallorca. El Sur y Sureste*. Cámara Oficial Comercio Industria Navegación. 553 pp. Palma de Mallorca.
- THOMAS-CASAJUANA, J.M. & MONTORIOL-POUS, J. (1951): Los fenómenos kársticos de Parelleta (Ciudadela, Menorca). *Speleon*, 2(4): 191-216. Oviedo.
- TOBELLA I ARGILA (1880): Excursió a Palma. Coves d'Artà i Manacor. *Anuari Assoc. Excurs. Catal.* 30 pp. Barcelona.
- TRIAS, M. & MIR, F. (1977): Les coves de la zona de Can Frasquet-Cala Varques. *Endins*, 4: 21-42. Palma de Mallorca.
- VUILLIER, G. (1888): Voyage aux îles Baléares. *Le Tour du Monde*, 58: 1-64. París.
- WILL, F. (1880): *Plano de la Cueva del Drach (E. 1:500)*. Munich. Reproducido asimismo por Litografía Catalana. Palma de Mallorca.
- X X X (1903): *Portofolio de las cuevas de la Hermita (Artà) y del Drach (Manacor)*. Est. Tip. F. Soler. 8 pp. + 2 planos + 20 grabados. Palma de Mallorca.