

## «PROYECTO HADES» DESARROLLO DE LAS CAMPAÑAS DE 1981

por Ana Luz MAROTO y Antoni FONT

### Resum

La realització de les dues primeres campanyes per extreure mostres de les cristallitzacions subaquàtiques de la Cova de Sa Bassa Blanca, per fer-ne posteriorment l'estudi estratigràfic i sedimentològic («PROJECTE HADES»), ha implicat el desenvolupament d'equips tècnics adaptats a les peculiars característiques de la cova.

Aquest treball descriu els objectius científics del Projecte i també l'equip de perforació i els equips tècnics de recolzament, dissenyats especialment per l'obtenció d'aquestes mostres.

### Abstract

The realization of the first two campaigns for the extraction of samples of subaquatic cristallisations in Cova de Sa Bassa Blanca, for the purpose of stratigraphic and sedimentary studies («PROYECTO HADES»), have required the development of techniques adaptable to the peculiar characteristics of the cave.

This work describes the scientific objectives of the Project as well as the technical equipment of perforation and support specially designed to obtain these samples. There is a brief description of the development of the campaigns.

## Introducción

Bajo el nombre de PROYECTO HADES, se ha tratado de englobar una serie de investigaciones concernientes a las *cristalizaciones subacuáticas del Pleistoceno, en las cuevas de Mallorca*. Con este objetivo, los primeros estudios se están realizando en la Cova de Sa Bassa Blanca.

La toma de muestras, para posterior interpretación, ha requerido el trabajo de un elevado número de personas y el desarrollo de un sofisticado montaje técnico.

Los principales resultados que se pretenden obtener con esta línea de trabajo son:

— la determinación y datación precisa de los niveles en que estuvo estabilizado el mar Mediterráneo durante el Pleistoceno, a partir de las cristalizaciones freáticas presentes en las cuevas costeras.

— una aproximación al conocimiento de las condiciones físico-químicas del Mediterráneo, durante este mismo lapso de tiempo.

## Los espeleotemas freáticos

Los espeleotemas freáticos son cristalizaciones cuya formación está relacionada directamente con el límite superior de la capa freática. Se presentan en algunas cuevas costeras de Mallorca como un conjunto diversificado de espeleotemas, que se podrían agrupar (GINÉS, J. et al., 1981) en los siguientes tipos:

*Calcita flotante.* Consiste en películas finas de carbonato cálcico, que se forman en la superficie del agua y flotan por tensión superficial. Por agitación del agua o por simple peso se depositan en el fondo.

La podemos encontrar como espeleotema actual o como paleoespeleotema, en zonas que actualmente ya no están inundadas, constituyendo depósitos de distribución horizontal, de morfología terrosa, recubiertos algunas veces por depósitos de colada (POMAR et al., 1975; POMAR et al., 1976).

*Espeleotemas epiacuáticos.* Algunas cuevas de Mallorca, próximas a la línea de costa, poseen lagos freáticos en conexión con el nivel marino, los cuales fluctúan siguiendo las pautas de oscilación de la superficie del mar. Estas cuevas presentan cristalizaciones carbonatadas, con distribución parietal rodeando el perímetro del lago, y formando anillos de engrosamiento sobre las estalactitas, estalagmitas o columnas que se encuentran en él.

Estas bandas de nivel, tienen generalmente un perfil simétrico con respecto al plano de mayor grosor de la concreción. Su morfología depende de las fluctuaciones de las aguas freáticas, que en este caso vienen determinadas por las fluctuaciones del nivel del mar (POMAR et al., 1979).

Estos espeleotemas los encontramos como un proceso actual de cristalización, en relación directa con el nivel actual del mar, y también como paleoespeleotema relacionado con antiguos niveles del Mediterráneo.

*Espeleotemas subacuáticos.* En ciertas cuevas, en las que se encuentran cristalizaciones freáticas antiguas, parece que los procesos de precipitación no se limitaban a la estrecha zona afectada por las fluctuaciones diarias del plano de las aguas. De este modo se puede constatar la presencia de depósitos carbonatados, los cuales forman extensos recubrimientos, de morfologías por lo general redondeadas, que afectan a las paredes de la cavidad así como a cualquier otro soporte adecuado; la extinción de tales recubrimientos delimita líneas de nivel correspondientes al plano de las aguas bajo el cual se han generado.

Más de trece niveles de concrecionamiento freático han sido detectados en la Cova de Sa Bassa Blanca, por encima del actual nivel del mar (GINÉS y GINÉS, 1974). Su mineralogía es de aragonito, calcita fibrosa y calcita romboédrica (POMAR et al., 1976).

De cualquier modo, también en los paleoniveles de la Cova de Sa Bassa Blanca se aprecia un máximo de precipitación en las inmediaciones de la interfase agua-aire, lo cual origina morfologías afines a las de los espeleotemas epiacuáticos.

### Génesis de los espeleotemas freáticos

Tanto la calcita flotante como los espeleotemas epiacuáticos —e incluso los subacuáticos— tienen una génesis similar, consecuencia de un ajuste del equilibrio químico, en la interfase del sistema: solución ( $\text{CaCO}_3 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ ) —aire de la cueva. Si el agua del lago tiene una presión parcial superior a la del aire de la cueva, hay una difusión del  $\text{CO}_2$  de la solución hacia la atmósfera; ésto produce una sobresaturación en la superficie del agua y tiene lugar como resultado la precipitación de carbonato cálcico.

A este esquema del proceso químico de precipitación hay que añadir la necesidad de un núcleo de cristalización. En el caso de la calcita flotante se ha visto que puede ser muy variado (materia orgánica, partículas de polvo...); en el caso de las cristalizaciones parietales, es normalmente la superficie de carbonato cálcico la que actúa como núcleo de cristalización.

### Cambios del nivel del Mediterráneo durante el Cuaternario

#### Su correlación con los niveles de espeleotemas freáticos de las cuevas de Mallorca

No existe aún una curva eustática, bien datada, de la cual se conozcan con precisión las amplitudes de las oscilaciones del Mediterráneo. Hay diversos intentos de reconstrucción, que son cada vez más precisos a medida que nos acercamos al momento actual. Un excelente resumen del nivel de investigación o de acercamiento a este problema ha sido publicado por RIBA (1981).

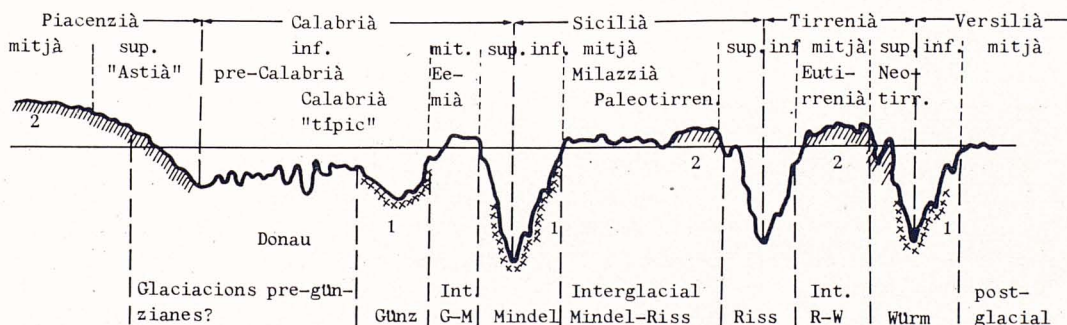


Figura 1: Curva eustática de todo el Cuaternario (según BONIFAY, 1964, simplificada). No se representan ni los tiempos absolutos ni las amplitudes de las oscilaciones.

1: faunas frías, 2: faunas cálidas.  
(RIBA, 1981).

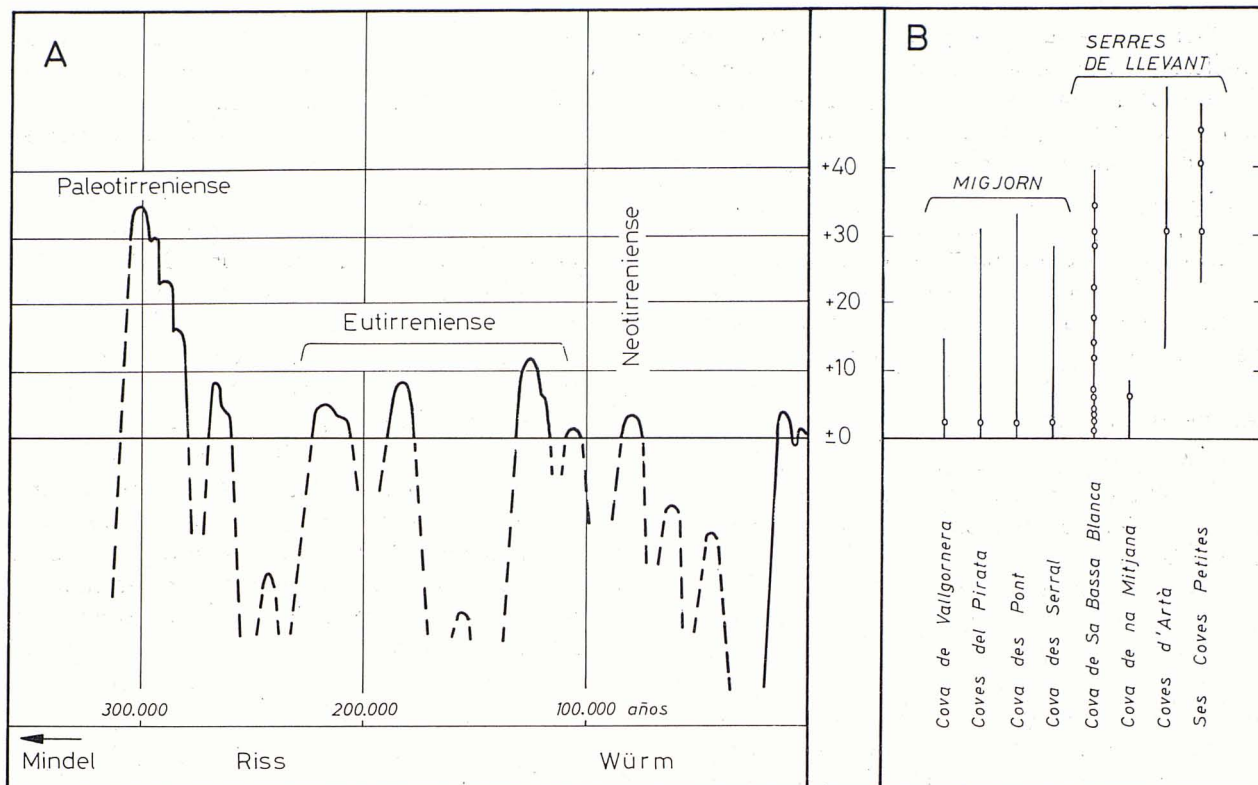


Figura 2: A.— Niveles relativos del mar Mediterráneo tal como aparecen registrados en Mallorca (basado en BUTZER, 1975 y CUERDA, 1975).

B.— Paleoniveles de cristalizaciones freáticas detectados en diferentes cuevas de la costa Este mallorquina. Las cotas correspondientes a cada antiguo nivel de la capa cársica están simbolizadas por un pequeño círculo, mientras que las líneas verticales indican el desarrollo altimétrico de las cuevas con relación al nivel marino actual.

(basado en GINÉS, A. et al., 1981).

Un modelo general puede verse en la Figura 1, que explica la curva eustática según BONIFAY (1964). Otros modelos han sido hechos, entre otros, por FAIRBRIDGE (1972), PERTHUISOT (1972), BONIFAY (1973), LUMLEY (1976), STANLEY y MALDONADO (1977), FAIRBRIDGE (1978).

En las Baleares se han encontrado playas suspendidas del Paleotirreniense, Eutirreniense y Neotirreniense (BUTZER y CUERDA, 1962; MERCADAL et al., 1970; BUTZER, 1975; CUERDA, 1975; POMAR y CUERDA, 1980).

Por otra parte se han hallado niveles de concrecionamiento freático, relacionados con dichos niveles de playas, en distintas cuevas de Mallorca: Cova de Sa Bassa Blanca, Cova de Na Mitjana, Ses Coves Petites, Coves d'Artà, Coves del Pirata, Cova des Pont, etc. (GINÉS, 1973; GINÉS y GINÉS, 1974; GINÉS et al., 1975; GINÉS y GINÉS, 1976; TRIAS y MIR, 1977; GINÉS, A. et al., 1981). La Cova de Sa Bassa Blanca es la que contiene

el mayor número de paleoniveles registrados (Figura 2).

## «Proyecto HADES»

### Idea base del Proyecto

Asociando las ideas expuestas anteriormente, surgió el planteamiento del proyecto. La correlación existente entre los trece niveles freáticos que se encuentran registrados en la Cova de Sa Bassa Blanca, por encima del nivel actual del mar (Figura 2), con terrazas marinas datadas como Pleistoceno medio y superior (GINÉS y GINÉS, 1974), dió la base para un primer estudio mineralógico de las cristalizaciones de esta cueva (POMAR et al., 1976). La posibilidad de encontrar paleoniveles más antiguos no se descarta, así como tampoco la existencia de lagunas o hiatos correspondiendo a algunos niveles, que pueden no hallarse necesariamente representados en la cueva.

Con este estudio se podrán medir con una precisión considerable buena parte de los niveles de estabilización del Mediterráneo durante el Pleistoceno, y posiblemente pueda deducirse incluso la amplitud de las oscilaciones de las mareas.

A partir de esta base se ha desarrollado un método de muestreo, un método de estudio y sobre todo un montaje técnico adecuado para la toma de muestras y adaptado a las características de la cueva.

### Método de muestreo

De acuerdo con los objetivos planteados, se abordó el problema de la toma de muestras de tal manera que se pudiera obtener la mayor información posible.

La solución se encontró en la utilización de una perforadora de testigo continuo. Con ella se realizaron sondeos horizontales, cada 20 centímetros en vertical, a lo largo de las distintas bandas de nivel. Los testigos obtenidos nos permitirían previsiblemente hacer una estratigrafía detallada, correlacionable a lo largo de todas las cristalizaciones.

### Método de estudio

El método de estudio de las muestras lleva consigo:

— Una estratigrafía de las cristalizaciones, para la cual se realizará primeramente una estratigrafía de visu y más tarde una estratigrafía de pre-

cisión, basada en el estudio de los carbonatos de cada una de las bandas de crecimiento detectadas. Para este propósito se estudiarán las muestras mediante Microscopio Petrográfico y Microscopio Eléctrico de Barrido.

— Una datación por isótopos (u otras técnicas) de los niveles claves encontrados por la estratigrafía. Con la cual cada uno de los niveles quedará emplazado en el contexto de las oscilaciones climáticas del Cuaternario.

— Un muestreo geoquímico de las cristalizaciones con el fin de obtener los principales parámetros químicos del agua donde se depositaron. Para ello se utilizará Espectrofotometría de Absorción, Fluorescencia de Rayos X y Espectrometría de Emisión. También se prevé un estudio isotópico: relación  $O^{18}/O^{16}$ , cantidad de  $C^{14}$  y  $C^{13}$ , para conseguir una aproximación a la paleotemperatura vigente en el momento de la deposición de cada paleonivel freático.

## Montaje técnico adecuado a la toma de muestras y a las características de la cueva

Las instalaciones generales de la cueva fueron diseñadas por A. FONT, A. MORA y L. POMAR (ver Figura 3) y se realizaron teniendo en cuenta las consideraciones que aparecen resumidas en el siguiente esquema:



### OBTENCIÓN DE MUESTRAS

#### Equipo de perforación

La pieza central de este equipo es la perforadora portátil «JKS Tekumseh», con corona diamantada para obtención de testigo continuo de  $\varnothing = 1''$  y una longitud de 4 m., en fragmentos de 30

cm. El motor es de dos tiempos, con una potencia de 4 CV. Su ligereza y reducido tamaño aconsejaron la elección de este modelo para nuestros fines. El varillaje de sondeo se compone de un portacoronas de 30 cm., en aleación de acero, 6 varillas de prologación de 60 cm. y 2 de 30 cm. de duraluminio, y un rompe-sacamuestras de 4 m., desmontable, diseñado por el equipo «HADES».

Esta máquina puede ser usada manualmente, pero diversas causas (precisión del sondeo; posible deterioro de coronas, varillaje y grupo propulsor; mejora de la eficiencia y de la seguridad personal; disminución del esfuerzo físico...) nos inclinaron al diseño de un armazón de soporte en el que la perforadora puede deslizarse 1,20 m. en sentido longitudinal, y abatirse luego para dejar libre el sondeo durante las operaciones de extracción de muestra, adición de varillaje y, si es necesario, utilización del rompe-sacatestigos. Sobre el armazón va montado un útil sistema de medición de la perforación en curso.

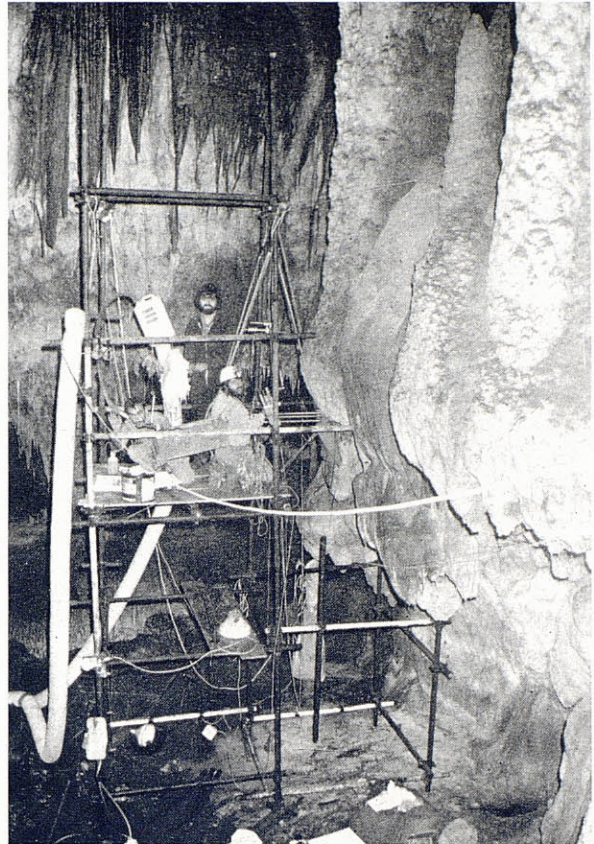
El conjunto perforadora-armazón va suspendido en el seno de un andamio multitubular convencional, mediante 6 juegos de polipastos de duraluminio y 100 m. de cuerda de perlón prestirado de 5 mm. Con este sencillo sistema, diseñado por el equipo «HADES», se puede situar la perforadora frente a cualquier punto de la pared y obtener, en cualquier ángulo, testigos de longitud y grosor máximos, al no permitir que la orientación e inclinación del varillaje varíen durante las maniobras de perforación.

A continuación se describen las instalaciones complementarias de apoyo a la perforación.

#### Equipo de renovación de aire

La topografía de la cueva impide una óptima renovación del aire, determinando la presencia, en su interior, de elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> del orden del 2% en volumen, lo que representa un incremento de un 6.500% respecto a la concentración de este gas en la atmósfera. Si unimos a ello la producción de gases, entre ellos CO, por parte de la perforadora, queda sobradamente justificada la adopción del siguiente equipo de renovación en doble circuito:

**EXTRACCIÓN DE HUMOS.** La totalidad de los humos producidos por la perforadora son evacuados por un extractor («CASALS» monofásico 220V de 1/2CV), tras haber pasado por un doble sistema silenciador y un recipiente de condensación de volátiles. Este recipiente incorpora una válvula unidireccional que evita la fuga de gases de escape, permitiendo la extracción de aire viciado de la zona de perforación cuando la perforadora no funciona; ello evita daños en el tubo conductor e irregularidades en el funcionamiento de los motores. Al llegar a la sala de entrada, debido a que la humedad relativa del aire interior es muy elevada y a que la temperatura exterior es inferior (durante el invierno) a la del interior de la cueva, se produce una intensa condensación de agua en el último tramo del tubo de extracción. Este fenómeno, cuya magnitud superó a la prevista, fue resuelto con un periódico drenaje de esta sección del tubo.



Aspecto general de la torre de perforación, que permite observar el segundo silenciador de escape y las tuberías de conducción de aire, una conectada al recipiente de condensación de volátiles, para extracción de humos, y la otra para inyectar aire.

**INYECCIÓN DE AIRE.** Si bien la extracción de los humos evita posibles intoxicaciones por CO, se vió que era necesario bombear aire fresco a las zonas de operación, ya que en visitas previas a la cavidad se habían producido preocupantes casos de disnea, que hubieran aumentado al incrementarse el esfuerzo físico requerido por las campañas de perforación. Decidimos asegurar la entrada de aire mediante un ventilador centrífugo de mediana presión («CASALS» trifásico 220/380V 1,5CV).

Para ambos ventiladores hemos diseñado sendos módulos metálicos de soporte y protección antichoque; la conducción de gases se efectúa mediante 250 m. de tubo «AIRFLEX» modelo B de  $\varnothing = 153$  mm. Este tubo es ligero, flexible y extensible, adaptándose muy bien a nuestras necesidades.

**CONTROL DE GASES.** Los niveles de CO y CO<sub>2</sub> se midieron periódicamente con un equipo de tubos colorimétricos de detección, que funciona según una reacción volumétrica de aire con un reactivo contenido en los gases problema. Los equipos de ventilación se accionaron según los resultados de los análisis del aire.

### Instalación hidráulica

El consumo de agua para la refrigeración de la corona diamantada de la perforadora y extracción de residuos sólidos del sondeo, así como las necesidades mínimas de habitabilidad del campamento base, hicieron aconsejable la disposición, en uno de los lagos de la cueva, de una pequeña bomba impulsora («VEMA» modelo ON-DINA 8 de 220V 5/8CV) equipada con un sistema semiautomático de funcionamiento y enlazada, con manguera «SAIPLÉN» de 3/4", con los puntos de consumo. En la zona de perforación se contaba con 3 tomas de agua para: refrigeración de la corona diamantada, primer lavado de muestras y limpieza del entorno. El aporte de agua a esta zona es automático, siendo regulado por un presostato que acciona la bomba al descender la presión por consumo de líquido, mientras que el aporte a la superficie (campamento base) debe operarse manualmente.

### Instalación eléctrica

El suministro de energía eléctrica fue proporcionado por una línea trifásica de 380V conectada mediante 200 m. de cable (RE 4 x 4 mm.) a la red general, gracias a una toma generosamente cedida por el propietario de la cueva, y por un generador instalado en el exterior («YAMAHA» ET-1.500, 1 Kw, 220V) que se utilizó como suplemento de energía y en casos de emergencia.

Las dos líneas confluyen en una mesa de control diseñada por el equipo «HADES», que comprende un interruptor general con fusibles, un interruptor diferencial de 30 mA —que se reveló muy eficaz en la protección del personal, desconectando la línea en caso de derivación a tierra por cualquier motivo— y un sistema que permite, en caso de emergencia y en pocos segundos, conectar los puntos de luz al generador.

El núcleo de la instalación interna está formado por 5 cajas estancas de acero con 6 enchufes cada una, a las que se puede conectar la iluminación de base, los focos para filmación, la bomba de agua y demás motores auxiliares. Estas cajas, concebidas y construidas por el equipo «HADES», poseen fusibles independientes que permiten alimentar modularmente las distintas zonas de la cueva y se interconectan con cable RE 3 x 2,5 mm., poseyendo tomas de fuerza estancas; la línea puede bifurcarse a partir de cualquier caja, ya que todas poseen una entrada y dos salidas de corriente.

La iluminación la confiamos a dos proyectores halógenos de 300w modelo «CORMORAN» —uno en superficie y otro en la zona de perforación— y a una docena de lámparas portátiles antichoque, fluorescentes de 6w y lámparas de mesa.

### Estructura metálica

El acceso a los puntos de perforación ha sido posible gracias al progresivo levantamiento de una estructura multitubular de 2 x 2 x 8 m., de las usadas en la construcción. La elección de este sistema de andamiaje ha venido impuesta por el angosto tramo de acceso al pozo (ver Figura 3) y porque permite una satisfactoria adaptación a la irregular morfología de la pared a perforar.

### Transporte y lavado de muestras

Las muestras, después de extraídas, se marcaron convenientemente y se lavaron en la zona de perforación, introduciéndolas en un soporte protector de poliuretano expandido confeccionado al efecto. Una vez en superficie se lavaron de nuevo con agua desionizada, que obteníamos allí mismo con una columna de desionización. Este lavado sirve para eliminar posibles impurezas aportadas por el agua de refrigeración y por el sistema de extracción de las muestras. Finalmente se envolvieron los testigos en un film protector de plástico transparente que permite la inspección de las muestras y evita posibles contaminaciones.

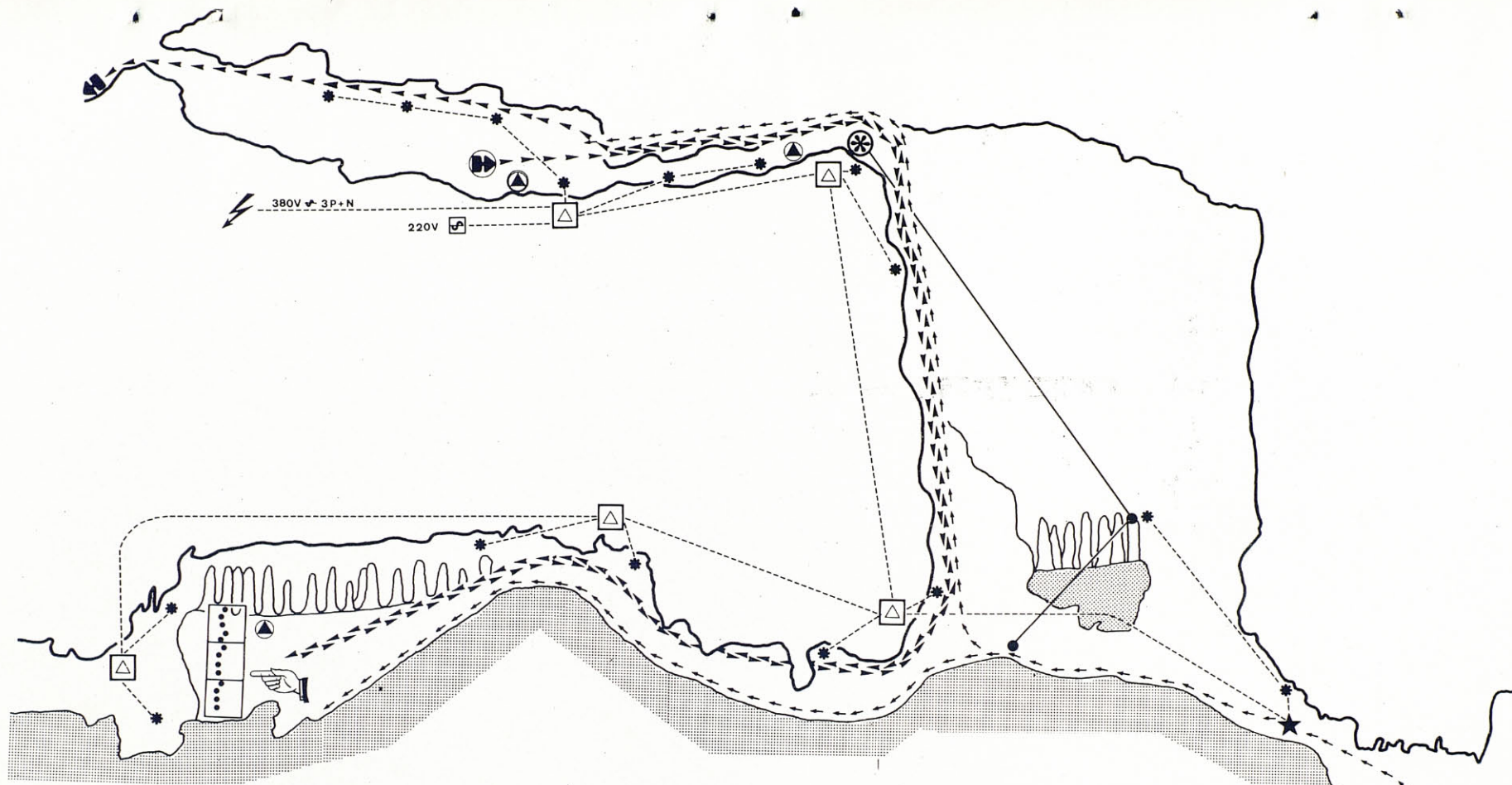
## SEGURIDAD Y EFICIENCIA EN EL TRABAJO

### Equipo de comunicación

Para resolver la comunicación entre la zona de trabajo y el equipo exterior de apoyo, ha sido construido por A. MORA un sistema de escucha abierta que consta de una centralita y dos terminales que pueden atenderse simultánea o separadamente. La alimentación es a 220V y, para caso de corte de fluido eléctrico, dispone de un cartucho de baterías con control de carga que permite el funcionamiento autónomo. Dos cables coaxiales, con un total de 175 m., cubren los enlaces entre interfonos.

### Equipo de transporte

Para paliar las dificultades de acceso y resolver los problemas de suministro de materiales, combustibles, herramientas y recambios, se instaló en el pozo una grúa portátil «MINOR-B», provista de cable de acero e instalada junto con un cable guía tensado con tractel, siendo ambos cables de 30 m. de longitud. La carga se engancha mediante un juego de poleas al cable guía y es movida a lo largo de éste por la grúa. La instalación permite resolver rápidamente casos de evacuación de personal si ello resultara necesario, así como —sobre todo— el transporte del cuantioso equipo de perforación a lo largo del desnivel del pozo.



- ★ Bomba de agua
- Cable guía del montacargas
- △ Cajas de distribución eléctrica
- · · · · Conducción de agua
- ▲ ▲ ▲ Conducciones de aire (sentidos de flujo)
- Conexión eléctrico
- ⏏ Generador 220 V.
- ⊙ ⊙ ⊙ Interfono (centralita, terminales); el cableado no se representa
- ⚡ Línea 380 V. (3 P+N)
- ⊠ Módulo de andamio con puntos de perforación
- ⊗ Montacargas (motor, subestaciones)
- \* Puntos de luz
- ⊠ ⊠ Ventiladores centrífugos (extracción, inyección)
- ☞ Zona de perforación

Figura 3: Esquema simplificado de la ubicación de las instalaciones en el interior de la Cova de Sa Bassa Blanca. Para explicación, véase el texto. (basado en la topografía S.C.M. - EST, 1972).

## Material espeleológico

Para el acceso del personal se instalaron, en la boca del pozo, una cuerda INTERALP de 10,5 mm. para descenso a rappel con descensores tipo Dressler, y una escalera de duraluminio para el ascenso; se adoptaron los sistemas convencionales de seguridad personal en espeleología —arneses, cascos, autoseguros— así como otros elementos (poleas, bloqueadores...) susceptibles de formar parte de instalaciones de rescate cuyas infraestructuras estaban ya previstas.

## Otros equipos

Se instaló también un taller de reparaciones provisto de herramientas y recambios diversos, un gabinete de dibujo, material de fotografía y filmación en Super-8 y un botiquín de primeros auxilios.

## HABITABILIDAD

Además de las instalaciones descritas, dispusimos de unos adecuados servicios de cocina, comedor, ducha e incluso un WC químico; para el descanso del personal se habilitó una construcción deshabitada situada en las cercanías de la cueva.

## CONSERVACIÓN Y MÍNIMO IMPACTO EN EL ENTORNO

A tal efecto, las instalaciones se realizaron cuidadosamente con el fin de no dañar los múltiples espeleotemas. Las perforaciones se hicieron en un lugar idóneo y, al levantar la instalación, se limpió a fondo toda la zona estudiada. Los desperdicios fueron evacuados diariamente a un vertedero próximo.

## Desarrollo de las dos primeras campañas

Los trabajos para la total realización del Proyecto calculamos que durarán varios años. La toma de muestras está programada en sucesivas fases que irán abarcando todo el registro de niveles fósiles.

La dirección y coordinación del Proyecto está a cargo de:

Lluís POMAR GOMÀ, Doctor en Geología, Director del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Palma de Mallorca y Presidente de la Societat d'Història Natural de Balears.

Joaquín GINÉS GRACIA, Presidente de la Secció Balear d'Espeleologia, miembro del Grupo Espeleológico EST y miembro de la Societat d'Història Natural de Balears.

Las personas que forman parte del equipo «HADES» son: Lina BORRÀS LLABRÉS, María Jesús CASTRO VALDOMAR, Jaume CARBONELL VALLS, Jaume DAMIANS GELABERT, Antoni FONT GELABERT, Angel GINÉS GRACIA, Joaquín GINÉS GRACIA, Pau MAIRATA PONS, Ana Luz MAROTO GARCÍA, Antoni MORA VICH, Jaume MUNAR BERNAT, Ada PASCUAL HUGUET, Andreu POL SALOM, Lluís POMAR GOMÀ, Juan J. PUEYO MUR, Antonio RODRIGUEZ PEREA.

A los que hay que añadir un elevado número de participantes que han ayudado en la preparación, montaje, perforación y otras funciones, sin los cuales el proyecto no podría haberse realizado; son, intentando no dejarnos a nadie, Antònia BIBILONI, Catalina CABOT, María CIREROL, Paloma FIGUEROLA, Dolores FURONES, Kiko FUSTER, Isabel MIR, Josep NADAL, Jaume PALOMARES, Tòfol PAYERAS, Joan PONS, Josep RAMOS, Rubén RIAL, Pere RIPOLL, Carme ROCA, Àngela SOLER, Llorenç VIVES, Angel ZULUETA. De un modo muy especial debemos hacer constar nuestro agradecimiento a Jaume FONT PUJOL por su contribución al desarrollo de este Proyecto, tanto en las gestiones de localización de los equipos especiales como por su ayuda financiera.

La primera fase del proyecto, bajo la denominación «LA ESTRATIGRAFÍA DE LAS CRISTALIZACIONES SUBACUÁTICAS DEL PLEISTOCENO EN LAS CUEVAS DE MALLORCA», fue galardonada con el Premio Ciudad de Palma de Investigación correspondiente a 1981.

En Diciembre de 1980 tuvo lugar una visita previa a la cueva para ultimar detalles de los distintos aspectos, tanto de perforación como de instalaciones auxiliares. Se hicieron mediciones y se probó el funcionamiento del material de iluminación y comunicación; el estudio sobre el terreno permitió adecuar el material y los esquemas de operación a las posibilidades de la cueva.

La primera campaña se desarrolló del 28 de Febrero al 8 de Marzo; en los cuatro meses anteriores se había intensificado la planificación y diseño de equipos, aunque la compra de materiales estaba en marcha desde hace varios años.

El material, una vez embalado, con un peso de unas tres toneladas, fue transportado por un camión hasta las inmediaciones de la cueva y se invirtieron dos días en completar el transporte y efectuar las instalaciones. Al tercer día se iniciaron los trabajos de perforación, en turnos de un mínimo de cuatro personas, cuya duración y frecuencia quedaba determinada por el número de personas disponibles.

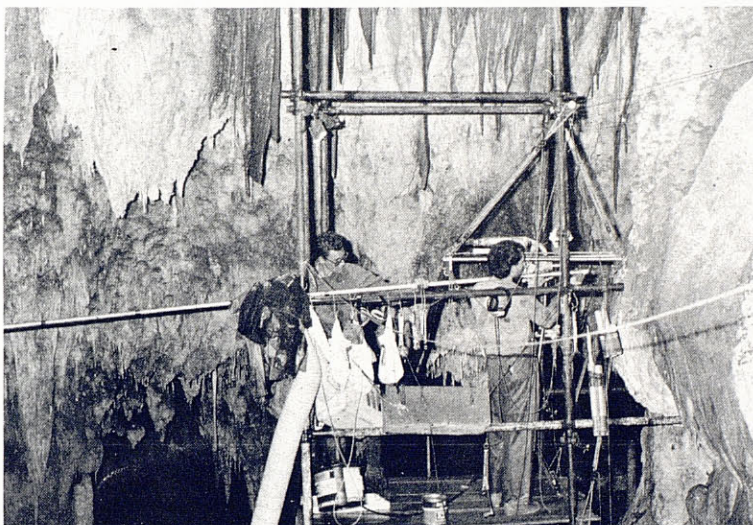
Se obtuvieron 20 metros de muestras distribuidos en 19 sondeos de dimensiones que oscilan



Introducción de varillaje. Nótese el armazón de sostén de la perforadora, que se encuentra abatida, el primer silenciador de escape, el sistema de polipastos y la regleta de medición del sondeo en curso.



Extracción de varillaje. Obsérvese el sistema de sostén de la perforadora mediante polipastos y la longitud del varillaje, que hace necesario —para su manejo— el concurso de dos personas.



Sistema de almacenaje de las muestras, en placas de poliuretano expandido, que permite anotar los datos indispensables para identificar los fragmentos de testigo y protegerlos durante el transporte.



entre 15 cm. y 3 m., viéndose la necesidad de remodelar la instalación eléctrica (que debido a la humedad planteaba problemas técnicos y de seguridad), incrementar la iluminación y construir nuevo varillaje para obtener sondeos más largos.

La segunda campaña, que tuvo lugar del 16 al 26 de Abril, presentó mayores dificultades; debido, principalmente, a la participación de un menor número de personas. La modificación de los equipos cristalizó en una mayor eficiencia en la perforación y en la ausencia total de problemas eléctricos, pero se produjeron averías —rotura de embrague, rotura del grifo de refrigeración de la perforadora, disminución de la potencia por compresión incorrecta, desajustes en la carburación, torcedura de segmentos de varillaje...— que fueron subsanadas por el equipo «HADES» en el taller de superficie o en Alcúdia. Estas averías supusieron una pérdida de tiempo considerable dada la falta de medios humanos; aun así se lograron 17 metros de muestra repartidos en 7 sondeos de longitudes que oscilan entre 2 y 4 metros.

## Resultados

Aun siendo prematuro presentar conclusiones, podemos considerar como muy alentador el hecho de haber puesto a punto la infraestructura de obtención de muestras, con toda la labor de diseño, adquisición, adaptación y comprobación de los sistemas de perforación y apoyo. Se están perfeccionando los equipos y estudiando las necesidades de ampliación de material, pero el método de muestreo se ha mostrado válido y adecuado a las peculiares características del medio cárstico subterráneo.

De los 37 metros de testigo, obtenidos a partir de 26 sondeos distintos, se está efectuando actualmente la estratigrafía, y sobre ellos se desarrollarán las técnicas de laboratorio que nos permitirán obtener los resultados deseados.

## Bibliografía

- BONIFAY, E. (1975): «L'Ere quaternaire: définition, limites et subdivisions sur la base de la chronologie méditerranéenne». *B. S. G. F.*, (7), XVII, n.º 3.
- BUTZER, K. W. (1975): «Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean basin, a mallorquin view». en 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». Inst., Estud. Baleáricos. Diputación Provincial de Baleares. 306 pp. Palma de Mallorca.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1972): «Quaternary sedimentation in the Mediterranean region controlled by tectonics, paleoclimates and sea level» en «Mediterranean sea» D. J. STANLEY Ed. Stroudsboung, pp. 99-113.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1978): «Models of climate change» en «Climatic change and variability», PITTOCK, FRAKES, JENSSEN, PETERSON y ZILLMAN Eds. Cambridge Univ. Press. pp. 200-211. Cambridge.
- GINÉS, A. (1973): «Sobre el posible hallazgo de formaciones de edad Milaziense 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 POMAR, L. (1981): «Phreatic speleothems in coastal caves of Mallorca (Spain) as indicators of Mediterranean Pleistocene paleolevels». Proceedings of the Eighth International Congress of Speleology. pp. 533-536. U.S.A.
- GINÉS, A.; GINÉS, J. y PONS, J. (1976): «Nuevas aportaciones al conocimiento morfológico y cronológico de las cavernas costeras mallorquinas». *Speleon*, Monografía I: 49-56. Barcelona.
- GINÉS, J. y GINÉS, A. (1976): «Ses Coves del Pirata». *Endins*, 3: 41-45. Palma de Mallorca.
- GINÉS, J.; GINÉS, A. y POMAR, L. (1981): «Morphological and mineralogical features of phreatic speleothems occurring in coastal caves of Majorca (Spain)». Proceedings of the Eighth International Congress of Speleology. pp. 529-532. U.S.A.
- LUMLEY, H. (1976): «Les lignes de rivage quaternaire». Extrait de «La Préhistoire Française». T. 1. C.N.R.S. Paris.
- MERCADAL, B.; VILLALTA, J. F.; OBRADOR, A. y ROSELL, J. (1970): «Nueva aportación al conocimiento del Cuaternario menorquin». *Acta. Geol. Hisp.* 5/4: 89-93. Barcelona.
- PERTHUISOT, J. P. (1972): «Les variations du niveau de la mer». *La Recherche*, 3/26: 776-777.
- POMAR, L. y CUERDA, J. (1980): «Los depósitos marinos pleistocénicos en Mallorca» *Acta Geol. Hisp.* Vol. 14. Barcelona.
- POMAR, L.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; MOYÀ, G. y RAMÓN, G. (1975): «Nota previa sobre la petrología y mineralogía de la calcita flotante de algunas cavidades del levante mallorquin» *Endins*, 2: 3-5. Palma de Mallorca.
- POMAR, L.; GINÉS, A. y FONTARNAU, R. (1976): «Las cristalizaciones freáticas». *Endins*, 3: 3-25. Palma de Mallorca.
- POMAR, L.; GINÉS, A. y GINÉS, J. (1979): «Morfología, estructura y origen de los espeleotemas epiacuáticos». *Endins*, 5-6: 3-17. Palma de Mallorca.
- RIBA, O. (1980): «Canvis de nivell i de salinitat de la Mediterrània occidental durant el Neogen i el Quaternari». *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* 9: 45-62. Barcelona.
- STANLEY, D. J. y MALDONADO, A. (1977): «Nile Cone: Late Quaternary stratigraphy and sediment dispersal». *Nature*, 5598, 266: 129-135.
- TRIAS, M. y MIR, F. (1977): «Les coves de la zona de Can Fransquet - Cala Varques». *Endins*, 4: 21-42. Palma de Mallorca.