

El Karst de Sierra Elvira (Granada)

The karst of Sierra Elvira (Granada)

Martín Rosales, W. (*), (**); Martínez Alarcón, J.M. (*);
Pérez Villanueva, J.D. (*); Morillas, J. (*)

(*) Grupo Espeleológico Ilíberis (G.E.I.), Granada.
(**) Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada

In memoriam Luís Ávila Alba

Resumen

Se describen los principales factores condicionantes de la espeleogénesis en el karst de Sierra Elvira, abordándose aspectos morfoestructurales, bioclimáticos, hidrogeológicos, así como el papel jugado por la fracturación en el desarrollo del endokarst. Asimismo se expone un resumen de los trabajos llevados a cabo en el área por el Grupo Espeleológico Ilíberis desde su fundación, en 1973, hasta la actualidad.

Palabras clave: catálogo de cavidades, endokarst, fracturación, karst termal.

Abstract

In this study principal factors conditioning the speleogenesis of the karst of Sierra Elvira (Granada, Spain) are described, being treated morphostructural, bioclimatic and hydrogeological aspects, as well as the part played by fracturation in the development of the endokarst. Also a summary is expounded of the works performed in the area by the speleological group "Ilíberis" (G.E.I.) since its foundation in 1973 to the present time.

Key words: cave catalogue, endokarst, fracturing, thermal karst.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Sierra Elvira es una elevación montañosa con 18 km² de superficie, situada en la provincia de Granada, a 13 km de la capital. Sus cotas más importantes son el pico Elvira, con 1102 m s.n.m., el cerro del Piorno (1083 m s.n.m.) y el Peñón de las Ventanas, con 938 m s.n.m. El acceso al macizo se realiza a través de la carretera nacional 432 desde el pueblo de Atarfe, o bien desde Pinos Puente (figura 1)

LOS CONDICIONANTES DEL KARST

El cuadro geológico regional

Sierra Elvira constituye uno de los macizos carbonatados pertenecientes al Subbético Medio (GARCÍA DUEÑAS, 1969), incluido en el Dominio o Margen Sudibérico (Zonas Externas) de las Cordilleras Béticas. Los materiales que afloran en el área poseen una edad comprendida entre el Triásico y el Cuaternario, con litologías que van desde las carbonatadas a las arcillosas, eva-

porfíticas o no. Las evaporíticas muestran las mismas facies que las rocas del Trías superior Germano-Andaluz y su posición en Sierra Elvira es muy controvertida. Aunque algunos autores las consideran diapíricas (LUPIANI y SORIA, 1985), otros las interpretan como una unidad alóctona (figura 2) cabalgante sobre la serie subbética (GARCÍA DUEÑAS, com. personal).

El término inferior de la sucesión estratigráfica de Sierra Elvira está constituido por un tramo de dolomías de edad atribuida al Lías inferior y con una potencia cercana a los 200 m. Asociadas a estas dolomías y en las inmediaciones de Pinos Puente aparecen rocas subvolcánicas básicas. Sobre las dolomías se observa un paquete de calizas con sílex y calizas con crinoides (a techo), de edades Sinemuriense y Carixiense (BRAGA, 1979), respectivamente; la potencia del conjunto es de 100 m. El techo de estos carbonatos, sobre el que se ha desarrollado un hard-ground, se encuentra karstificado y relleno de caliza gris pelágica. El tramo siguiente consiste en un conjunto de margocalizas, margas y calizas nodulosas de 90 m de espesor y edad Domerense-Toarciense (Lías superior). Durante el Dogger se depositaron sedimentos

margocalizos, síliceos y radiolaríticos, con una potencia de 30 metros. Culminan la sucesión litológica de Sierra Elvira calizas y calizas margosas con sílex, en ocasiones presentando carácter turbidítico y con un espesor próximo a 40 m, siendo las capas más altas de edad Titónico superior (GARCÍA DUEÑAS et al., 1971).

El conjunto de los materiales descritos anteriormente ha sufrido una deformación tectónica importante en el Neógeno y más recientemente. Durante el Mioceno inferior y medio tuvo lugar la generación de los cabalgamientos subbéticos, acompañados de estructuras retrovergentes, como consecuencia de la colisión del Dominio de Alborán (Zonas Internas), previamente estructurado, con el margen Sudibérico.

Durante el Mioceno medio-superior se produce un adelgazamiento general del edificio contractivo mediante despegues extensionales (GARCÍA DUEÑAS et al., 1992), que posteriormente (Tortonense superior-Plioceno inferior) fueron plegados dando lugar a grandes estructuras de dirección aproximada E-W. Por último, se generan dos sistemas de extensión, con fallas normales, frecuentemente lítricas a juzgar por los basculamientos observables. Dan lugar a alineaciones NE-SW y WNW-ESE, consecuencia de la estructuración en horst y responsables de la morfología actual del macizo.

Datos bioclimáticos actuales

La pluviometría media estimada para el macizo es de unos 500 mm/año, distribuida de forma bastante irregular. La temperatura media es de 15.2 °C con un mínimo en Diciembre (7.5 °C) y un má-

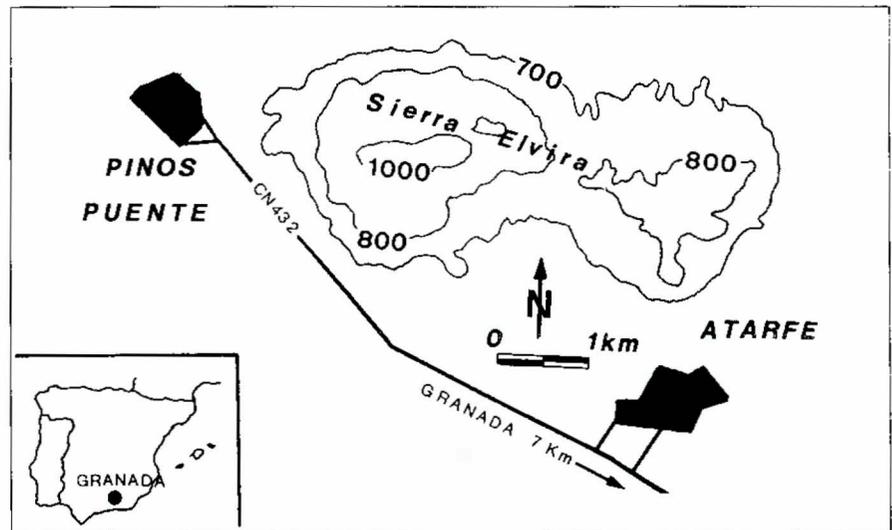


Figura 1
Localización geográfica del macizo de Sierra Elvira

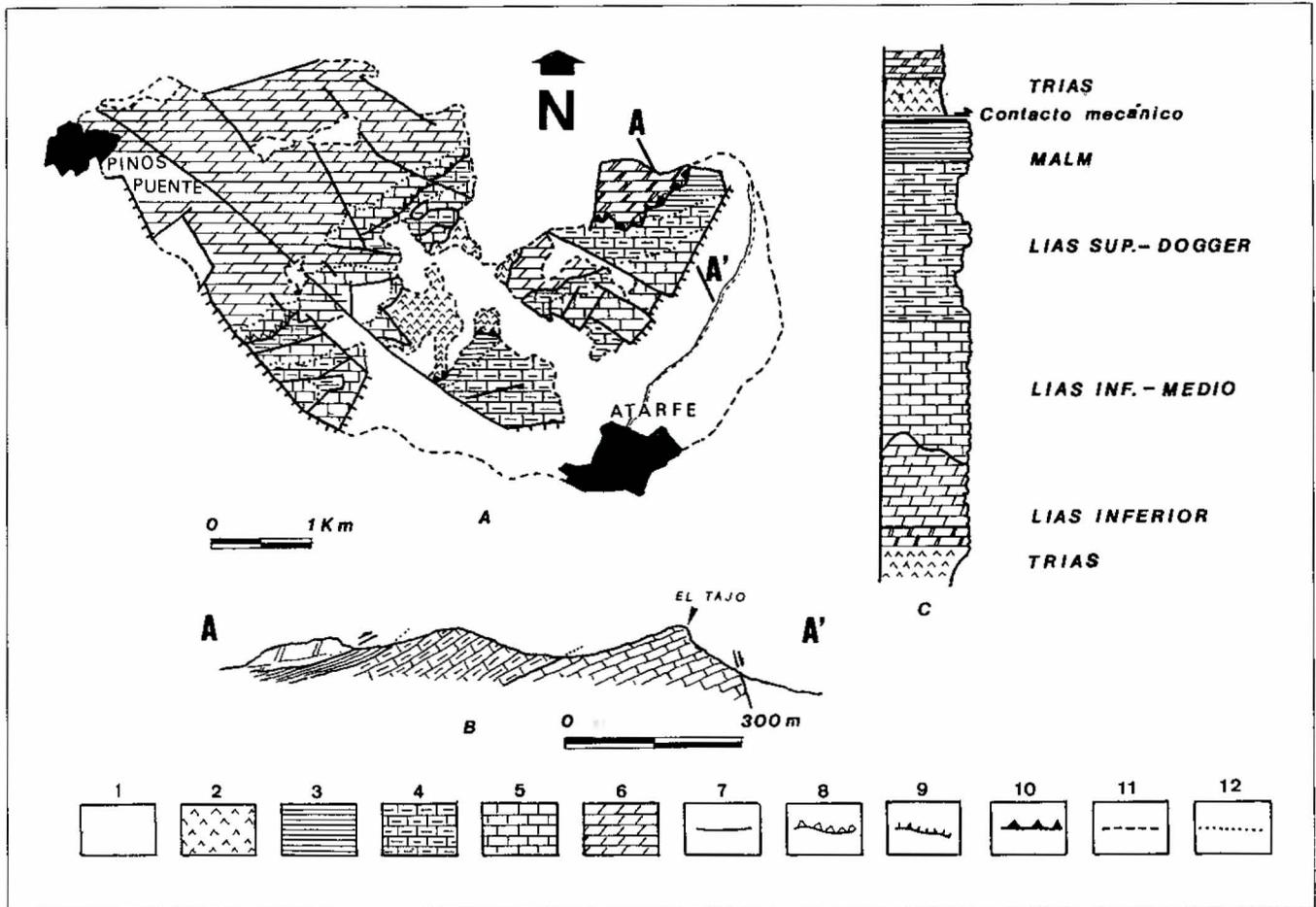


Figura 2

Esquema geológico simplificado (a), (modificado del ITGE, 1988), columna litológica sintética (b) y corte representativo de la secuencia estratigráfica (c) según GARCÍA DUENAS (1967). 1: Depósitos de ladera y derrubios en general (Cuaternario); 2: arcillas, margas, yesos y dolomías (Trías); 3: calizas y calizas margosas con sílex (Malm); 4: margas, margocalizas, margocalizas silíceas y radiolaritas (Lías superior-Dogger); 5: calizas con sílex y calizas con crinoides (Lías inferior-medio); 6: Dolomías (Lías inferior); 7: falla; 8: Falla inversa; 9: falla con indicación del bloque hundido; 10: cabalgamiento; 11: contacto discordante; 12: contacto concordante

ximo en Julio (25.3 °C). La evapotranspiración potencial alcanza un valor de 808 mm y la ETR se ha evaluado entre 414 mm y 449 mm (métodos de Coutagne y Turc, respectivamente).

En las áreas más deprimidas topográficamente la cobertera edáfica presenta un escaso grado de evolución, dadas las condiciones climáticas poco favorables. En los sectores situados a cotas elevadas predominan las rendzinas muy poco desarrolladas y litosoles asociados a rellenos de formas kársticas (terra rossa).

En cuanto a la vegetación, uno de los factores determinantes del desarrollo del Karst, se encuentra en Sierra Elvira en un estadio de desarrollo precario. La mayor parte del macizo está ocupado por matorral poco denso y pastizales que ofrecen escasa protección al suelo frente a la erosión hídrica. Un sector importante está ocupado por olivar de secano y las repoblaciones forestales de pino carrasco (*P. halepensis*) se reducen a sólo 93 ha. La vegetación potencial de este territorio, es decir, la que

se desarrollaría sin la intervención humana sobre los ecosistemas vegetales, es la de un encinar de tipo mediterráneo, basófilo y termófilo (*Quercetum Rotundifoliae*). Probablemente constituyó un gran encinar que se ha ido degradando por la actividad antrópica: talas, cultivos, incendios y, actualmente, la proliferación desordenada de explotaciones para extracción de áridos y roca ornamental. Tal deforestación tuvo lugar, al menos, hace más de dos siglos, ya que en 1741 no existían masas arbóreas de importancia (GÓMEZ CRUZ, 1992).

Características hidrogeológicas: el termalismo de Sierra Elvira.

Del conjunto de materiales que conforman la serie subbética de Sierra Elvira, los carbonatos (calizas y dolomías del Lías inferior-medio) son los únicos con interés acuífero.

El acuífero kárstico aflora en una superficie de 10 km², y el substrato impermeable debe estar constituido por los

materiales margoyesíferos del Trías, desconociéndose actualmente la profundidad a la que se encuentra. Los límites laterales del sistema vienen impuestos por fallas normales de gran salto. La alimentación proviene de la infiltración del agua de lluvia caída sobre su superficie, lo que representa unos 3 Hm³. Existen entradas ocultas adicionales que, al menos, duplican los aportes pluviométricos estimados (CASTILLO, 1986). Aunque resulta complejo conocer la procedencia de tales aportes, responsables de un marcado termalismo de las aguas, la hipótesis más probable, según CASTILLO (1992) es que exista una conexión hidráulica profunda con áreas aflorantes a cotas superiores; una comunicación probable podría darse con el sistema acuífero carbonatado de Sierra Arana, situado a 15 km al Noreste de Sierra Elvira. Este mismo autor indica que los materiales de relleno de la depresión de Granada, muy posiblemente las calcaenitas bioclásticas del Mioceno, podrían constituir el eslabón acuífero de

Muestra	1	2	3
Fecha	24/9/89	1985	1983
Temperatura	31,2-31,1	28	32,4
pH	6,8	7,5	7,1
Conductividad	3240	3500	2391
Cl ⁻	341	373	344
SO ₄ ²⁻	1231	1266	983
HCO ₃ ⁻	244	201	326
Ca ²⁺	360	372	285
Mg ²⁺	102	142	112
Na ⁺	198	235	177

Tabla 1

Análisis químicos de agua; 1: Sima de Raja Santa (LÓPEZ CHICANO, inédito); 2 Sondeo de Atarfe (CASTILLO, 1992); 3: Baños de Sierra Elvira (CASTILLO, op. cit.). Los valores de conductividad vienen expresados en S/cm; la concentración en mg/l y la temperatura en °C

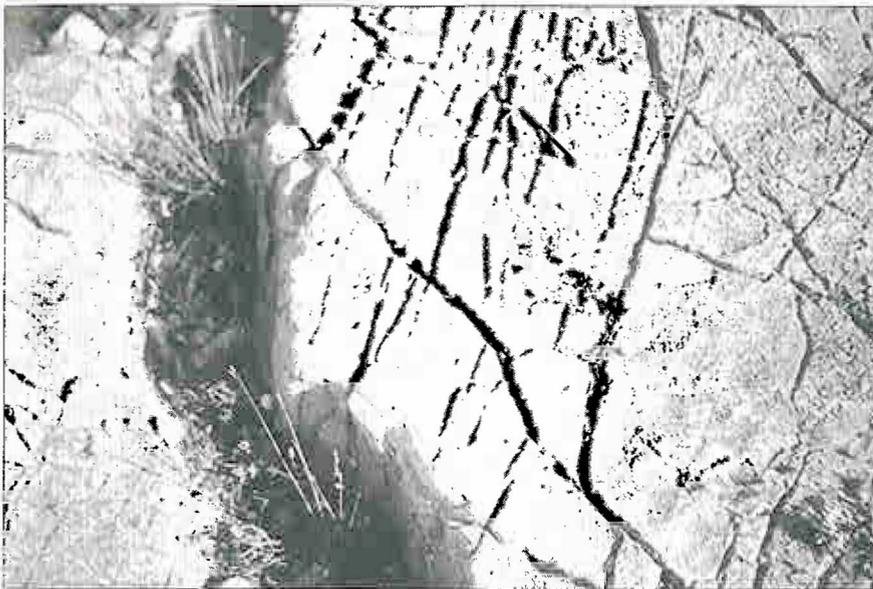


Foto 1



Foto 2

Lapiaz microestructural (foto 1) y karst ruiniforme (foto 2) en Sierra Elvira (Foto: PARDO, 1986)

enlace entre ambos sistemas hidrogeológicos. La comunicación se realizaría merced a la existencia de una fractura profunda, probablemente de dirección NE-SW (CASTILLO, op. cit.).

Las aguas procedentes del acuífero kárstico de Sierra Elvira presentan, como característica más representativa, un claro termalismo (temperaturas de emergencia de 25 a 35 °C), una salinidad total del orden de 2 g/l y facies sulfatada cálcica (tabla 1).

Las formas superficiales: el exokarst

Aunque no son excesivamente abundantes las formas kársticas superficiales, las manifestaciones subterráneas típicas del karst adquieren gran relevancia, desarrolladas merced a la tectónica, la acción del agua y a una importante masa vegetal que debió existir en el pasado. La litología donde adquiere mayor importancia el desarrollo de cavidades corresponde a las calizas con nódulos de sílex y calizas con crinoides, de edades Sinemuriense y Carixiense, respectivamente.

El lapiaz característico de Sierra Elvira es el lapiaz microestructural, desarrollado a partir de un diaclasado apretado y poco profundo, posteriormente ensanchado por la corrosión (fotografía 1). Se observa en tramos con débil inclinación, a favor de fisuras verticales o subverticales.

Otro tipo morfológico de lapiaz, característico del macizo es el rillenkarren. Consiste en pequeños surcos de 1 cm, originados a favor de la pendiente por la acción de las aguas de lluvia. Aunque más raros en Sierra Elvira, se pueden observar el karst ruiniforme (fotografía 2) y las kamenitzas, pequeñas depresiones cerradas cuyo origen está relacionado con la acción corrosiva del agua cargada en CO₂ orgánico (PERNA, 1974 in LÓPEZ LIMIA, 1987). Ambas morfologías invocan la presencia en el pasado de una cubierta edáfica importante.

Las dolinas constituyen las formas más típicas del karst. En Sierra Elvira se distinguen media docena de ellas con forma preferentemente elíptica (PARDO, 1986). Un ejemplo de este tipo de morfología es la dolina de Cuna Baja. Se trata en general de dolinas en artesa de fondo plano y relleno por materiales insolubles (terra rossa). Hay casos (Cuna Alta y Hoya del Rey), en donde la morfología es muy irregular (figura 3), por tratarse de la coalescencia de varias dolinas (uvalas).

En Sierra Elvira también aparece re-

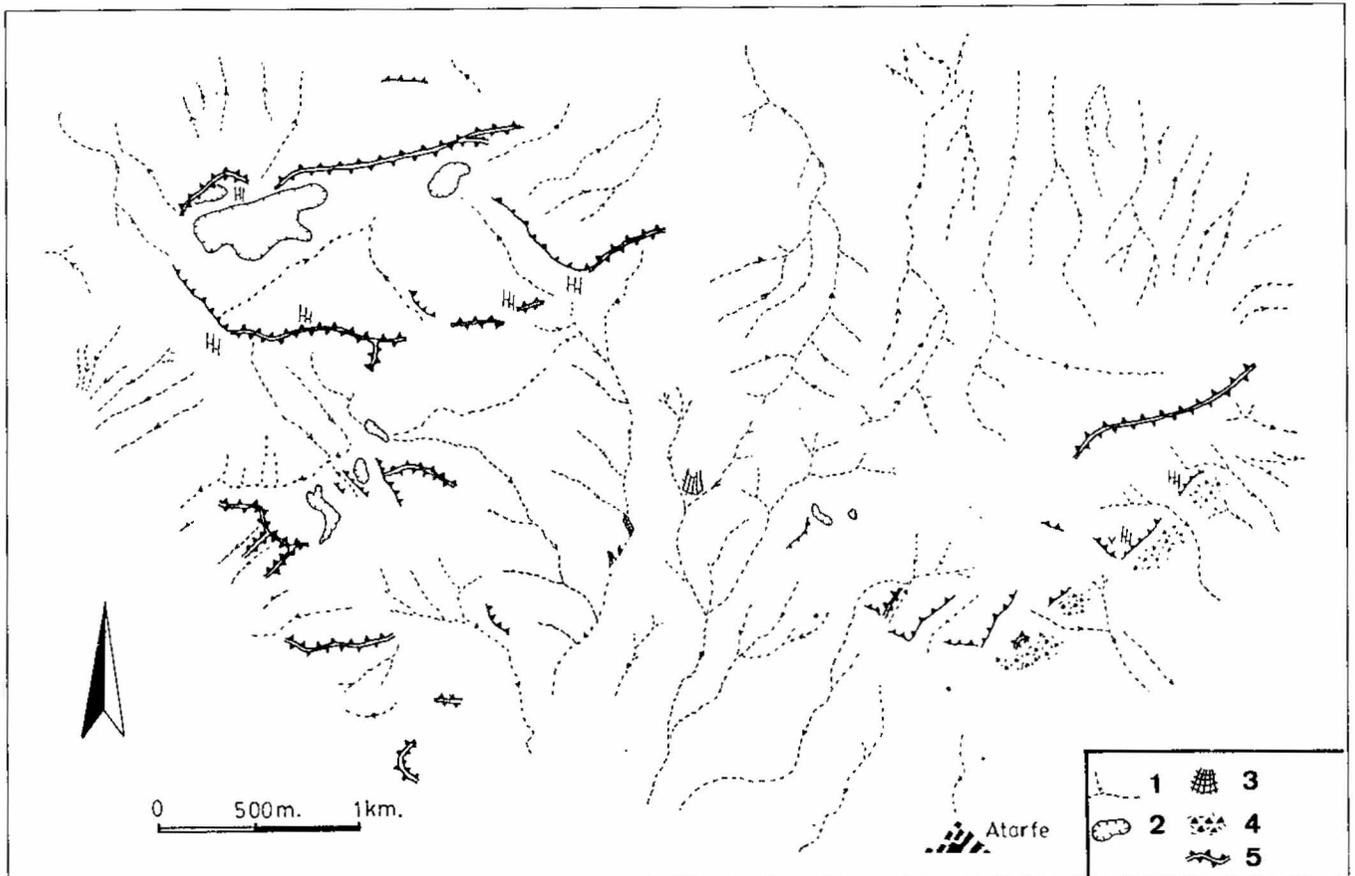


Figura 3
Esquema geomorfológico de Sierra Elvira (PARDO, 1986). 1: cauce; 2: dolina; 3: uvala; 4: "grèzes liteés"; 5: vertientes de derrubios; 6: cresta

resentado el sistema morfogénico de vertientes. En el sector central existen ejemplos de vertientes ordenadas ("grèzes litées"), constituidas por fragmentos de calizas y dolomías así como una importante fracción de material más fino. Se trata de una morfología típicamente periglacial. En la parte más oriental predominan las vertientes de derrubios dispersos ("éboulis de gravité").

La disposición estructural imprime su sello en los relieves e interviene en la morfología y organización del paisaje. De hecho, una gran parte de los escarpes de Sierra Elvira corresponde a accidentes tectónicos. Las superficies y laderas que coinciden con capas o estratos competentes y cuya pendiente es igual al buzamiento de éstos se definen como superficies estructurales. Tal es el caso de Tajo Colorado (figura 1).

La red de drenaje del área (figura 3), tiende a ser de tipo subparalelo, con una marcada influencia de la fracturación. En las áreas más permeables (sectores oriental y occidental), la densidad de drenaje es notablemente superior a la del área central, ocupada por materiales triásicos y pliocuaternarios, caracterizados por poseer una permeabilidad muy baja.

EL ENDOKARST

Historia de las exploraciones

Las primeras actividades espeleológicas de las que se tiene constancia se remontan a los años 50, durante los cuales el Grupo de Espeleólogos Granadinos alcanzaron el nivel de base de la sima de Raja Santa (G.E.G.- G.E.S. de la S.E.M., 1982), realizando la topografía de una parte de la cavidad.

Durante la década de los 60 son fundamentalmente dos Grupos los que desarrollan la mayor parte de las expediciones: el Grupo Espeleológico Pedro Acuña (GEPa) y el Grupo Alpino 4P (sección Espeleología). El primero de ellos fue el responsable en 1966 del descubrimiento del "Sector o Zona de la Virgen", en la sima Raja Santa (AT-13). En dicho lugar fue depositada una estatuilla de la Virgen y una placa conmemorativa de su V descenso a la Sima. Durante esta época, el Grupo Alpino 4P descubrió las grandes zonas inundadas de Raja Santa, al conseguir franquear el Paso de los Carniceros, llevando a cabo una topografía más completa de la cavidad. Asimismo este grupo realizó el primer descenso a la sima del Águila con 120 m. de profundi-

dad (GONZÁLEZ RÍOS, et al, 1982) y en 1970, topografió la sima de la Virgen (AT-17).

En Febrero de 1972 Juan Antonio Sáez Hernández, a los 14 años de edad, cayó por el pozo P-40 de Raja Santa; fue rescatado con vida gracias a la actuación del Grupo Juvenil de Espeleología de la O.J.E. y el Cuerpo de bomberos de Granada. Este grupo efectuó numerosas expediciones al área, llevando a cabo en 1973 el segundo descenso a la sima del Águila.

En 1973 comenzó su singladura el Grupo Espeleológico Ilíberis integrado por antiguos miembros del Grupo Alpino 4P. En el periodo 1975 - 1981 se topografiaron la práctica totalidad de las simas y cavidades que se citan en el presente artículo. En 1975 un grupo compuesto por miembros del G.E.I. y del G.E.G. realizaron la cartografía completa de la Sima del Águila (GONZÁLEZ RÍOS et al, 1982). Además, el G.E.I. llevó a cabo el levantamiento topográfico de las simas Castro (AT-40), El Pastor (AT-39), La Niña (AT-14), San José (AT-12), Santa Irene (AT-10), Uralito (AT-8), San Juan (AT-4) y sima Gema (AT-16), sima estrecha y vertical con 75 m. de desnivel.

El 25 de Marzo de 1977, el G.E.I.,

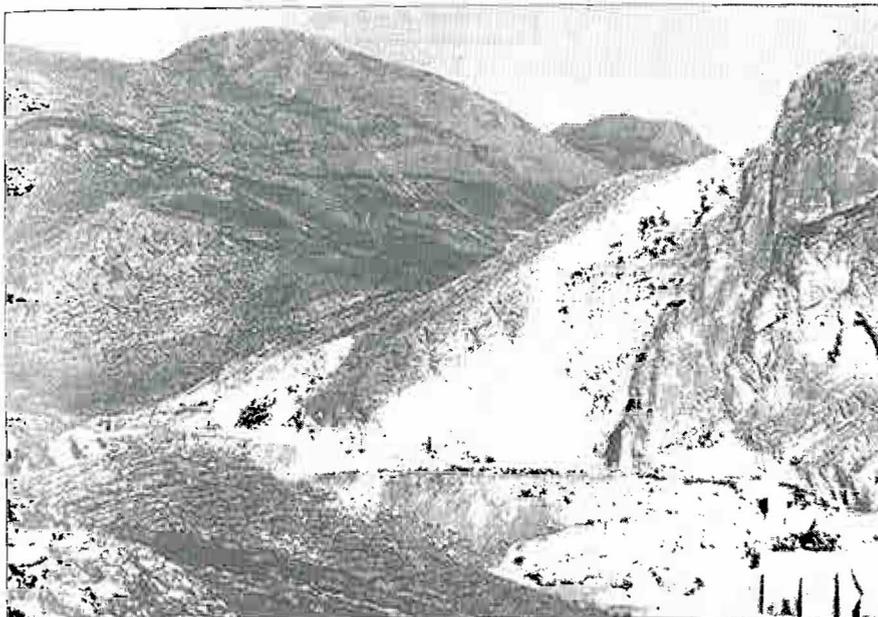


Foto 3
Explotación de áridos en el acceso a Raja Santa en 1974 (Foto: archivo S.G.E.G.)

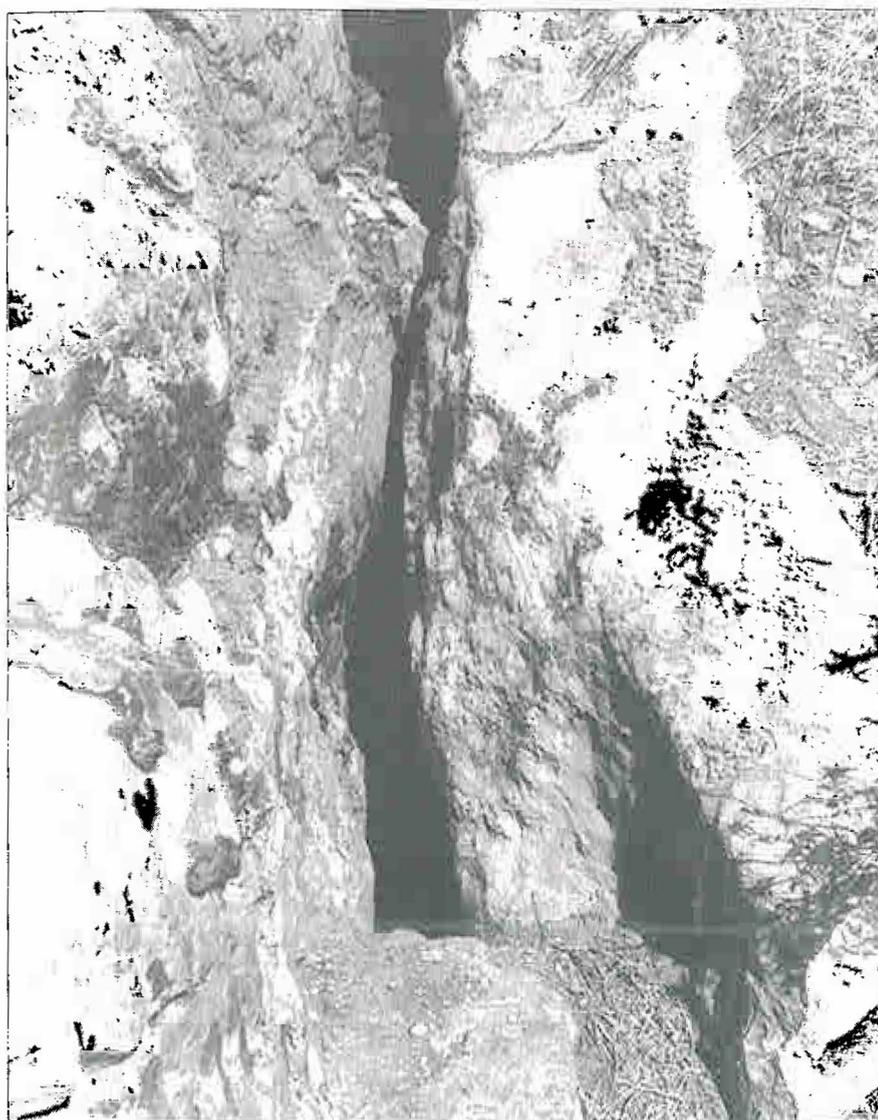


Foto 4
Control estructural en el desarrollo de cavidades: Sima Pisto, AT-11
(Foto: archivo G.E.I.)

logró acceder a Raja Santa, durante varios años obstruida por las continuas voladuras realizadas en una cantera situada justo encima de la cavidad (fotografía 3). En 1980 se llevó a cabo su levantamiento topográfico, quedando por cartografiar el sector o zona de la Virgen. Asimismo se efectuaron algunos ensayos batimétricos en el primer lago, alcanzándose un desnivel máximo de -152 m; constituía, pues, la cavidad más profunda conocida en Granada hasta entonces. En 1981, los grupos G.E.S. de la S.E.M. y G.E.G. realizaron conjuntamente una topografía de esta sima y, gracias a una inmersión, se llega a alcanzar el récord de desnivel en Granada: -163.5 m. (G.E.S. de la S.E.M. y G.E.G., 1982).

El 18 de Octubre de 1981 falleció en trágico accidente durante la exploración de un sifón en Zafarraya (Granada), Luis Ávila Alba, uno de los pilares básicos del G.E.I. y el verdadero impulsor de los trabajos llevados a cabo en Sierra Elvira. El pesimismo reinante tras la muerte de este joven espeleólogo tuvo como consecuencia una recesión y paralización de las actividades espeleológicas en Sierra Elvira, tomando el relevo de los trabajos la S.G.E.G. Este grupo realizó diversas topografías de cavidades en el sector de Cuna Alta, cartografiando también la sima Ahumada, entre otras. Pero cuatro meses después del accidente de L. Ávila Alba, concretamente el 14 de Febrero de 1982, murió ahogado en el primer lago de Raja Santa, Pedro Luis Hernández Rojo, espeleólogo miembro de la S.G.E.G., cuando se disponía, junto con otros compañeros, a equipar con cuerdas fijas las zonas inundadas de la cavidad. Este receso en las exploraciones se prolongaría hasta finales de los 80 y principios de 1990, período en que el Grupo Espeleológico Ilberis comenzó la recuperación de todas las topografías y documentos existentes sobre el área (fotografías aéreas, mapas geológicos y anotaciones de diversa índole). En 1993 la S.G.E.G., junto con el G.E. de Maracena, descubrieron la sima de los Órganos, en el sector de la Ermita de los Tres Juanes. Se trata de una importante cavidad, hoy totalmente destruida por las labores de extracción en las canteras de la zona (GONZÁLEZ RÍOS Y GARCÍA GONZÁLEZ, 1994).

Morfología de las cavidades

La práctica totalidad de las cavidades analizadas presentan su acceso a cotas comprendidas entre 500 y 700 m s.n.m. Su desarrollo horizontal es muy

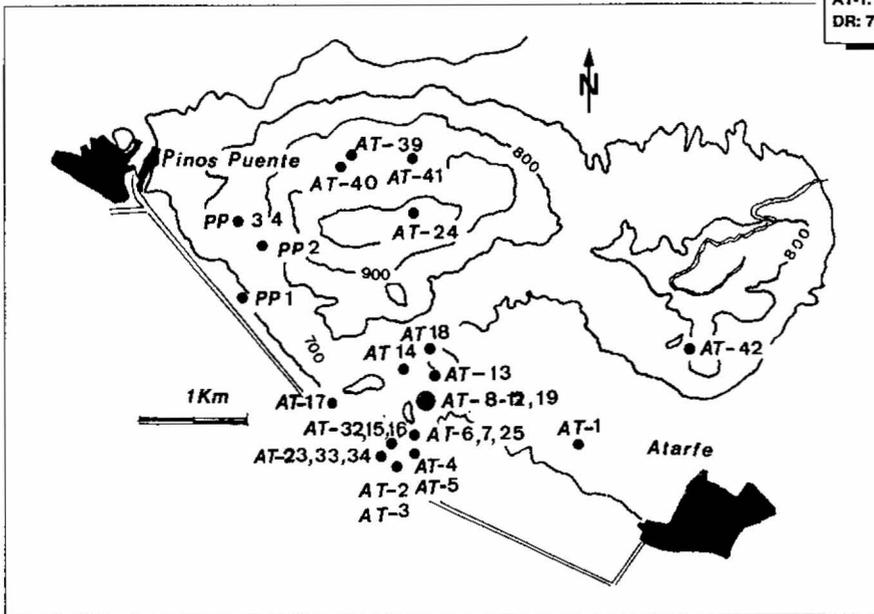
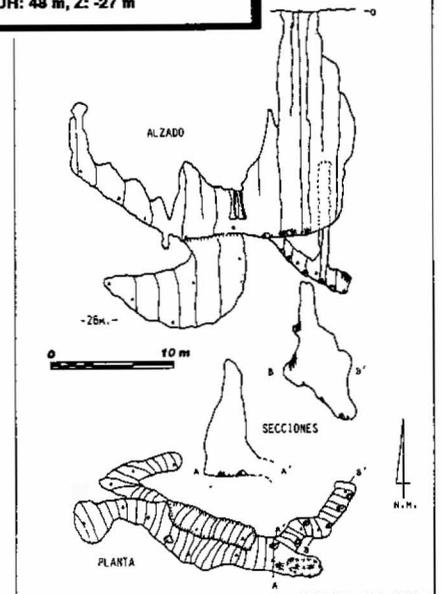


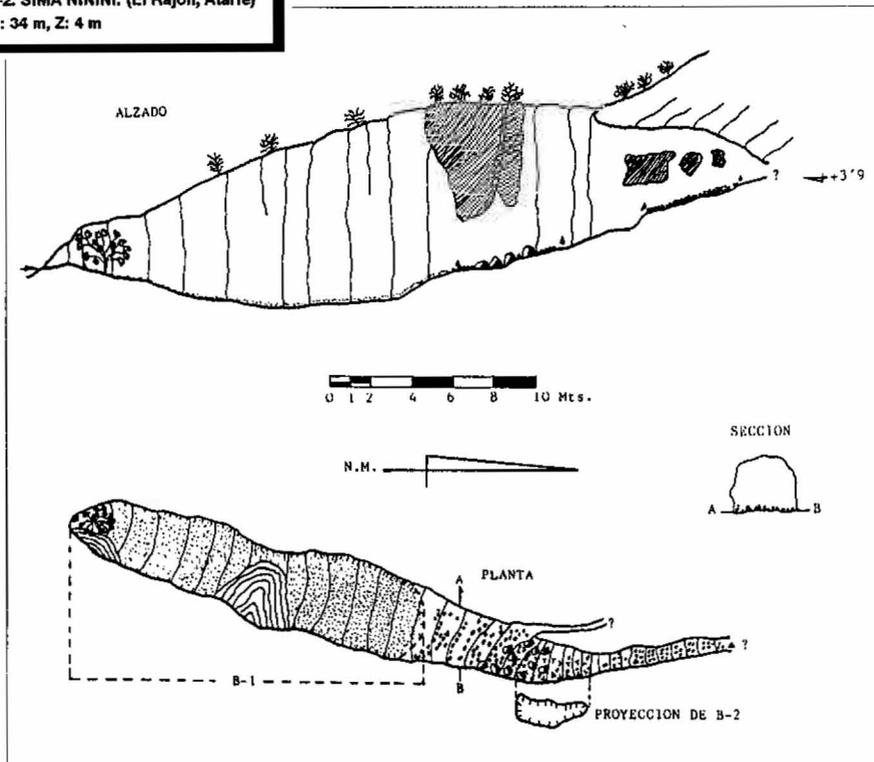
Figura 4
Localización aproximada de las cavidades inventariadas

AT-1. SIMA "PISA DE LA BURRA" (Atarfe)
DR: 73 m, DH: 48 m, Z: -27 m



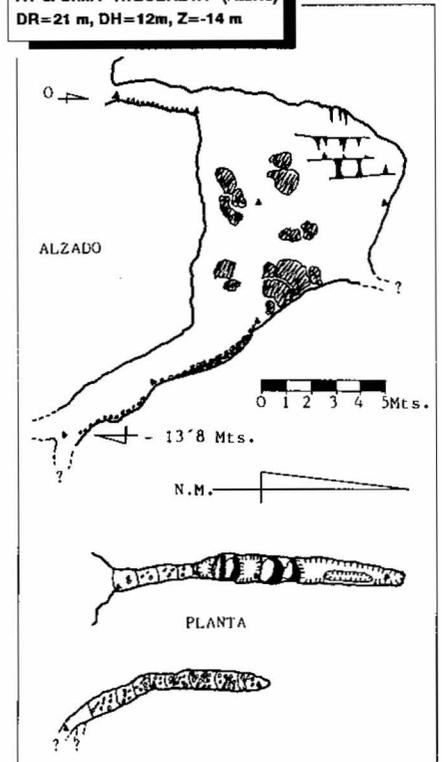
Sima "Pisa de la Burra" (AT-1)
Topografía: G.E.I.

AT-2. SIMA NININI. (El Rajón, Atarfe)
DR: 34 m, Z: 4 m



Sima "Ninini" (AT-2)
Topografía: G.E.I.

AT-3. SIMA "HIGUERETA" (Atarfe)
DR=21 m, DH=12m, Z=-14 m



Sima "Higuereta" (AT-3)
Topografía: G.E.I.

irregular, aunque raramente superan los 40 m, al igual que el desnivel; sólo 12 simas superan una profundidad de 30 m y 6 poseen más de 30 m. Las más espectaculares, en lo que a desnivel se refiere, son Raja Santa (AT-13), La sima del Águila (AT-41) y el Pastor (AT-39), con -163 m, -120 m y -70 m respectivamente.

Todas las simas inventariadas están fuertemente controladas por la fracturación y/o la disposición estructural de los

materiales sobre los que se desarrollan. Así, cavidades como Raja Santa o el Águila están claramente condicionadas por la fracturación (fotografía 4). Otras, como la AT-19 y la AT-20, presentan un desarrollo predominantemente horizontal, coincidente con el buzamiento de las calizas y dolomías sobre las que se han instalado, aunque con cierta influencia de la fracturación en algún caso. Por tanto, desde el punto de vista genético, se podrían clasificar la mayor

parte de las cavidades como vadosas y tectónico-vadosas (NÚÑEZ, 1984), formadas por el tránsito del agua desde la superficie hasta el nivel freático, aprovechando para ello cualquier tipo de discontinuidades que posteriormente han sido ampliadas por la corrosión.

Son relativamente abundantes las morfologías clásticas o de desplome, así como las formas resultantes de la acción de procesos quimioclásticos (aquéllos en cuyo mecanismo genético

intervienen la descalcificación y la fuerza de la gravedad). En las cavidades desarrolladas en las calizas sinemurienses con nódulos de sílex, se pueden observar éstos como elementos insolubles, dando lugar a paredes de morfología muy irregular.

Un rasgo generalizado en las cavidades estudiadas, y bastante común en los macizos carbonatados circundantes, es la ausencia de espeleotemas vadosos, salvo casos muy concretos. Ello puede responder a causas de diversa índole, como la escasez de precipitaciones en el área o la ausencia de una cobertera edáfica capaz de garantizar que el agua de infiltración adquiera el suficiente contenido en CO₂, con la consiguiente ralentización de los procesos espeleogenéticos (FORD Y WILLIAMS, 1989; CALAFORRA et al., 1992).

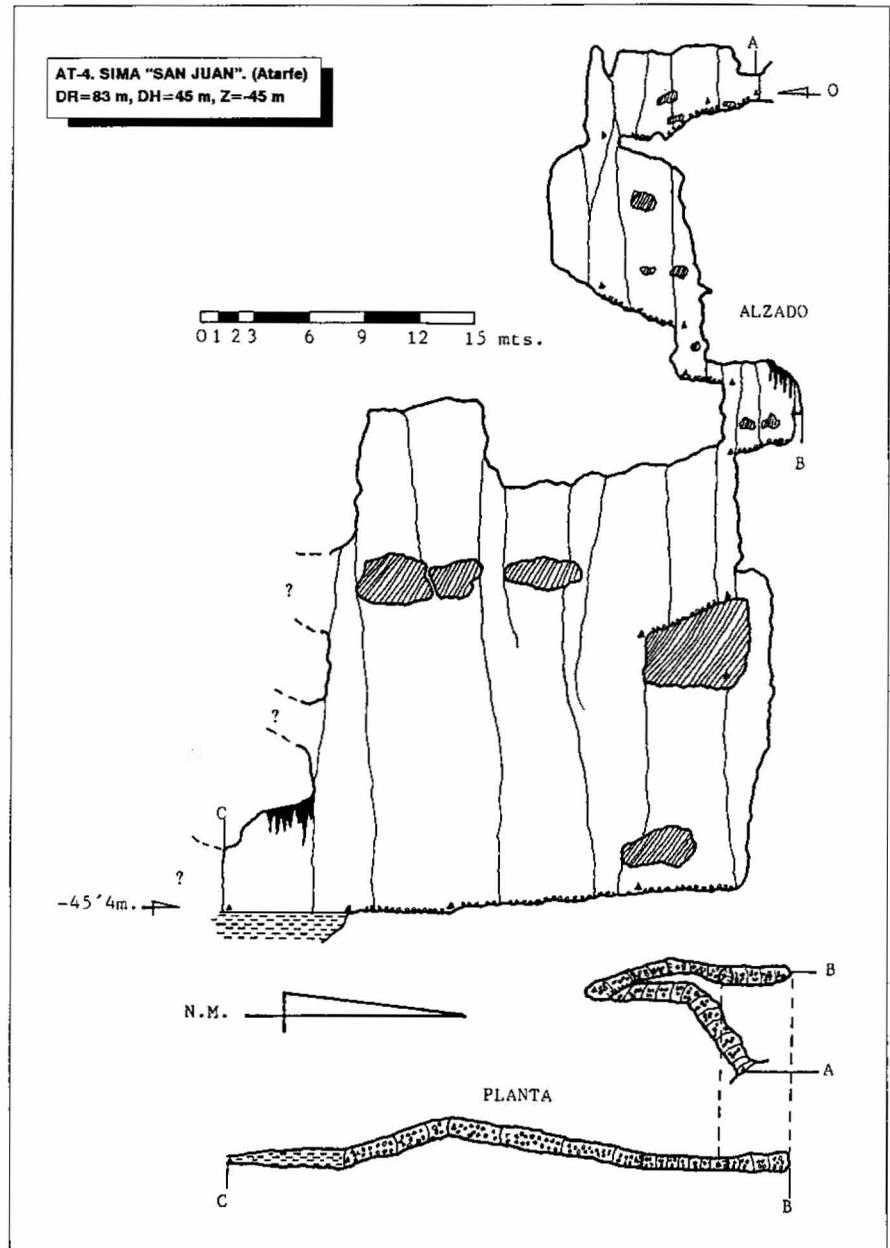
En las simas próximas al nivel piezométrico es posible identificar espeleotemas epiacuáticos, cuyo origen está ligado a la superficie del agua y relacionado con la difusión del CO₂ a través de la interfase agua-aire, lo que implica la existencia de una zona de sobresaturación que coincide exactamente con la superficie del agua (POMAR, 1989). Este tipo de concreciones calcíticas en forma de agregados brotoidales y subredondeados, dispuestos a modo de protuberancias, son observables en cavidades situadas muy por encima del nivel piezométrico actual, como es el caso de la sima Calañas, sima San Juan y la cueva del Gato. Estas cristalizaciones se extienden en forma de bandas con amplitudes que, en algunos casos, superan los 15 metros, lo que implica importantes oscilaciones del nivel piezométrico.

CATÁLOGO DE CAVIDADES

A continuación se describen de forma breve las cavidades más importantes del macizo. Asimismo se ofrece una tabla resumen del inventario de cavidades, con especificación del desarrollo total, profundidad máxima y fecha de topografía (tabla 2). No se indica la ubicación exacta de las mismas, ya que se han detectado algunos errores en algunas, por lo que se está procediendo actualmente a su correcta ubicación. No obstante se ha confeccionado un plano con la localización aproximada de las simas (figura 4)

AT-1. "Pisá de la Burra"

Situada en la vertiente sur del cerro del Almirez, su boca de acceso posee



Sima "San Juan" (AT-4)
Topografía: G.E.I.

morfología semicircular y cota 659 m s.n.m. Se accede a través de un pozo de 19 metros, al final del cual se desarrollan varias galerías de escasa longitud. El desarrollo total es de 73 m y su profundidad máxima de 26.

AT-4. "Sima de San Juan"

Se trata de una sima tectónico-vadosa de dirección N-S, situada en las inmediaciones de la antigua fábrica de cemento. Con un desarrollo de 83 metros, alcanza un desnivel máximo de 45 m. Posee abundantes espeleotemas epiacuáticos.

AT-5. "Cueva del Gato"

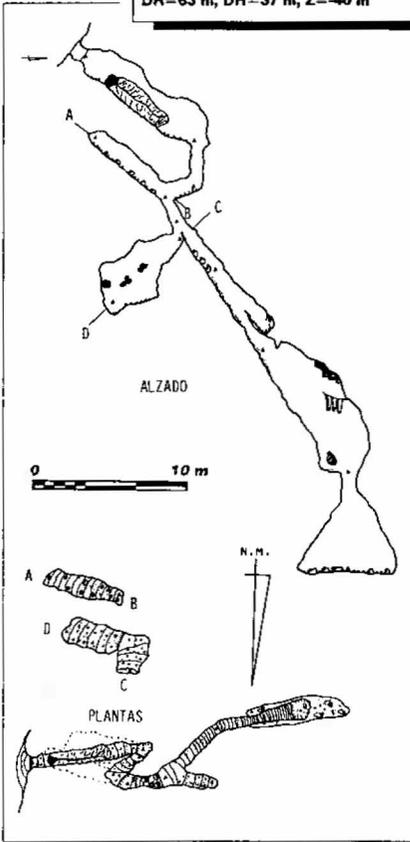
Situada al Este de la fábrica de ce-

mento, se desarrolla merced a una fractura de dirección E-W, visible desde el exterior. Se inicia con una rampa de fuerte inclinación y abundantes bloques sueltos. A 10 metros de profundidad se observan abundantes espeleotemas epiacuáticos, sobre los cuales se han desarrollado diversas cristalizaciones de carácter vadoso. También es posible contemplar superficies lisas con óxidos, probablemente ligados a fenómenos tectónicos.

AT-9. "Cueva de San Andrés"

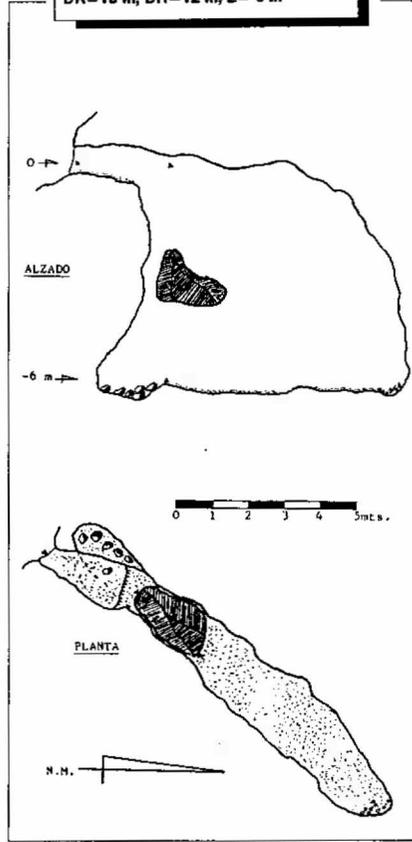
Está situada al Norte del Cerro del Sombrerete, próxima a Tajo Colorado. Se desarrolla en calizas con nódulos de sílex, observables en el interior de la cavidad como restos insolubles, junto

AT-5. CUEVA DEL "GATO" (Atarfe)
DR=63 m, DH=37 m, Z=-40 m



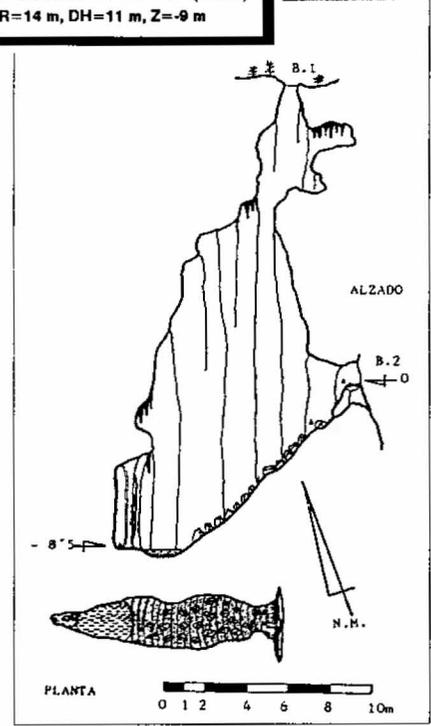
Cueva del "Gato" (AT-5)
Topografía: G.E.I.

AT-6. SIMA "ME DA IGUAL" (Atarfe)
DR=18 m, DH=12 m, Z=-6 m



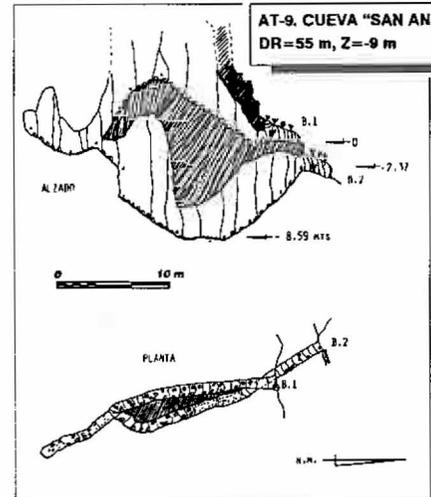
Sima "Me da igual" (AT-6)
Topografía: G.E.I.

AT-7. CUEVA "TOQUERO" (Atarfe)
DR=14 m, DH=11 m, Z=-9 m



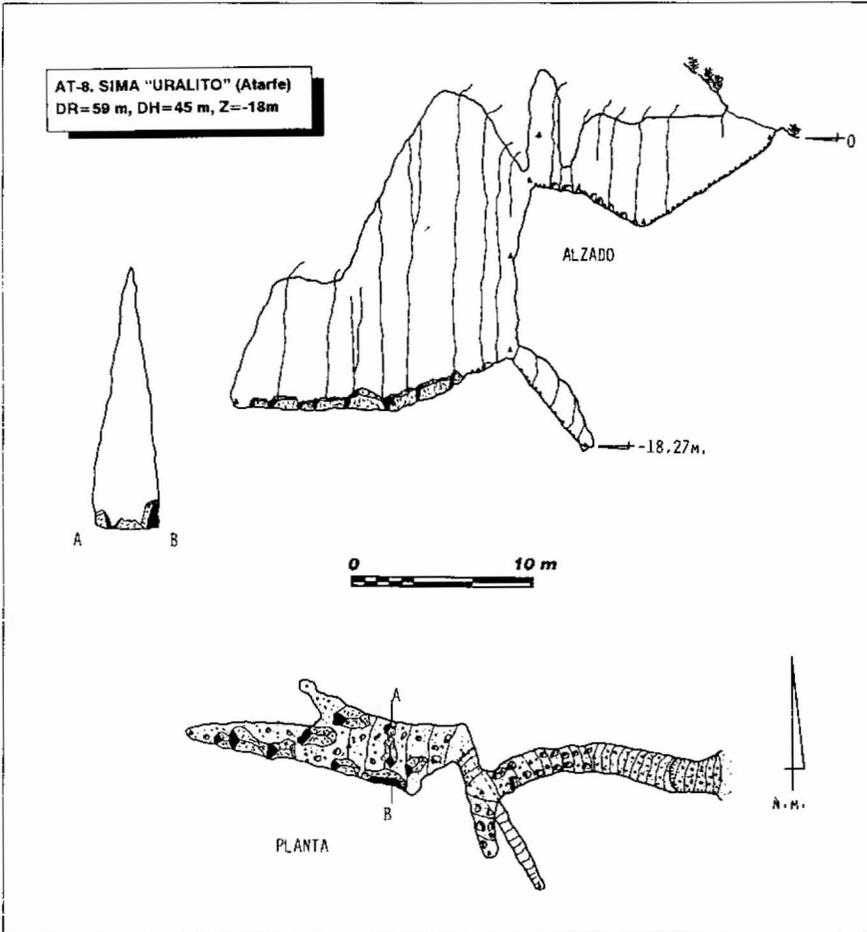
Cueva "Toquero" (AT-7)
Topografía: G.E.I.

AT-9. CUEVA "SAN ANDRES" (Atarfe)
DR=55 m, Z=-9 m



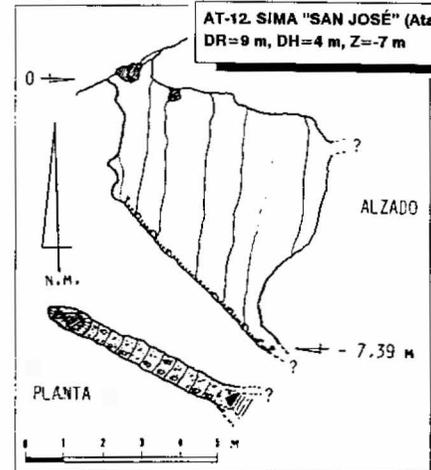
Cueva "San Andrés" (AT-9)
Topografía: G.E.I.

AT-8. SIMA "URALITO" (Atarfe)
DR=59 m, DH=45 m, Z=-18 m

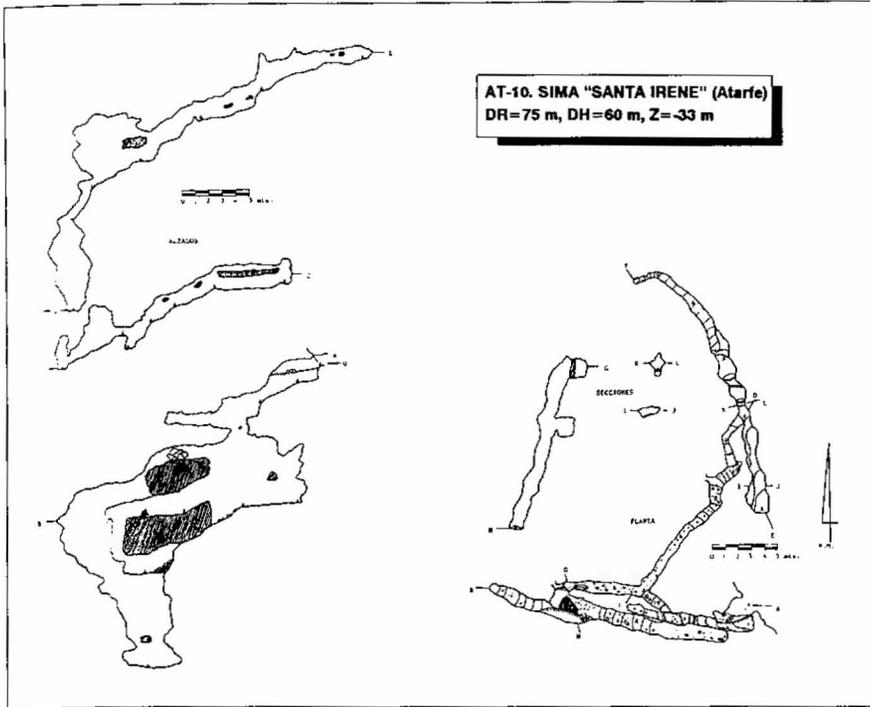


Sima "Uralito" (AT-8)
Topografía: G.E.I.

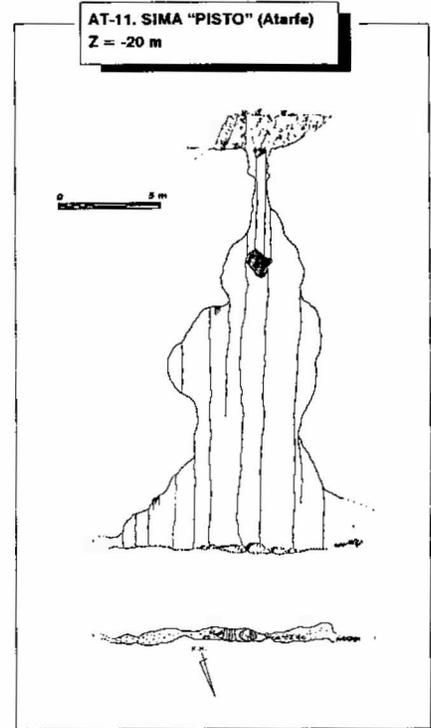
AT-12. SIMA "SAN JOSÉ" (Atarfe)
DR=9 m, DH=4 m, Z=-7 m



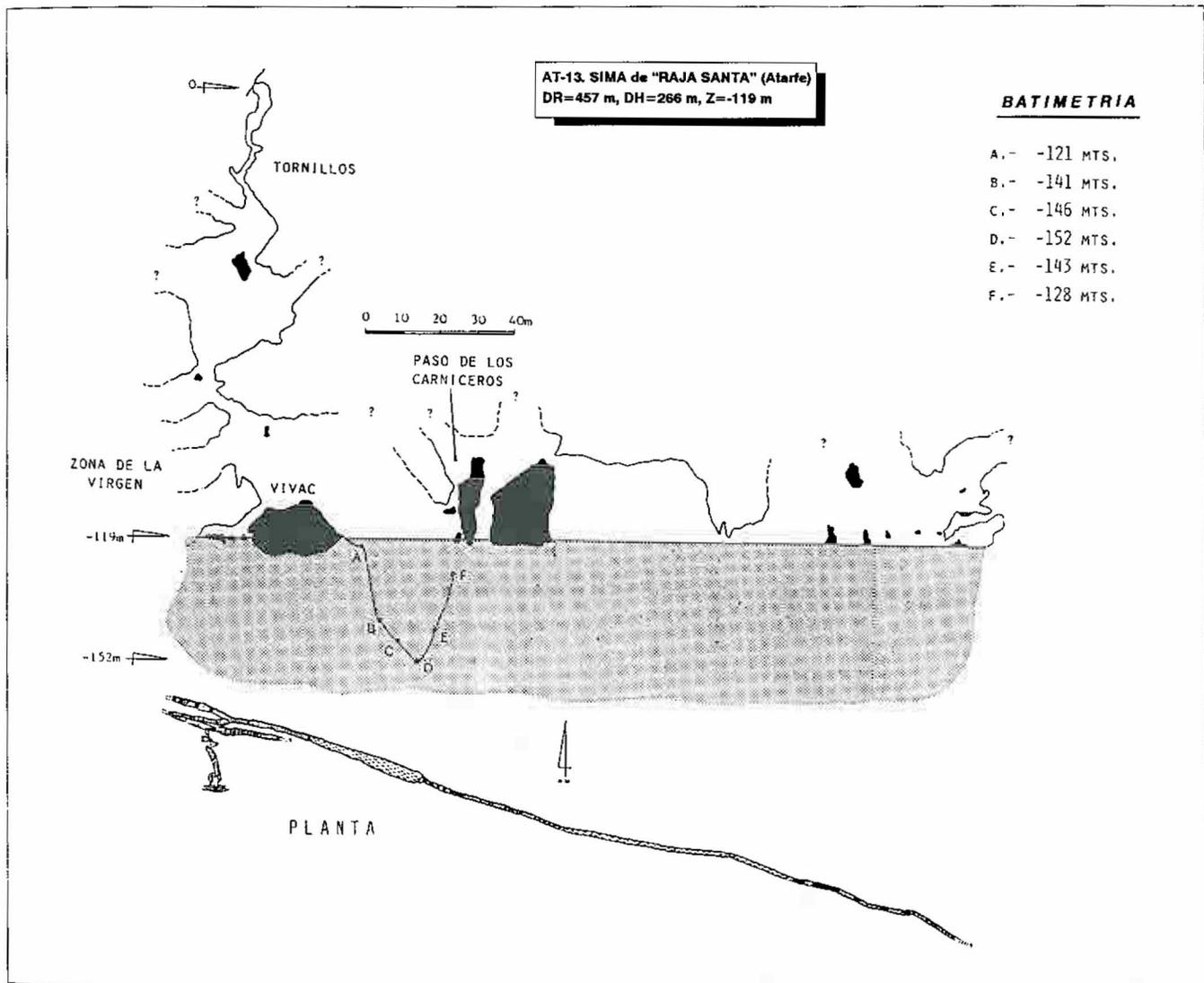
Sima "San José" (AT-12)
Topografía: G.E.I.



Sima "Santa Irene" (AT-10)
 Topografía: G.E.I.



Sima "Pisto" (AT-11)
 Topografía: G.E.I.



Sima "Raja Santa" (AT-13)
 Topografía: G.E.I.

con algunas formaciones parietales. La cavidad posee dos bocas de acceso bastante estrechas, situada una a 11 m de la otra. Es frecuente observar la salida de vapor de agua durante el invierno, lo que facilita su localización, al igual que la mayoría de las cavidades situadas a cota similar.

AT-10. "Santa Irene"

Situada en las proximidades de la AT-9, tiene un desnivel máximo de 33 m, siendo su desarrollo de 74 m. La litología sobre la que se ha desarrollado corresponde a calizas con nódulos de sílex de edad sinemuriense. Fue descubierta en 1967. Durante el año 1977 se llevó a cabo un estudio climatológico de la cavidad, realizándose medidas en diversas épocas del año. La temperatura media es 21 °C, con máximas de 23 °C y mínimas de 20 °C, claramente superiores a la media exterior. Existen formaciones epiacuáticas en el interior, relacionadas con el descenso de antiguos niveles de agua.

AT-13 "Raja Santa"

Es sin duda alguna la cavidad más conocida y famosa del macizo. Posee gran interés espeleológico e hidrogeológico, ya que es una de las pocas cavidades que alcanza el nivel piezométrico, situado a unos 120 metros de profundidad. Otra de sus peculiaridades es el carácter termal de sus aguas, con una temperatura de 32 °C aproximadamente (fotografías 5 y 6). Existe una amplia documentación publicada acerca de esta importante sima (G.E.G. y G.E.S. de la S.E.M., 1982; GONZÁLEZ RÍOS, 1982) e incluso se han efectuado



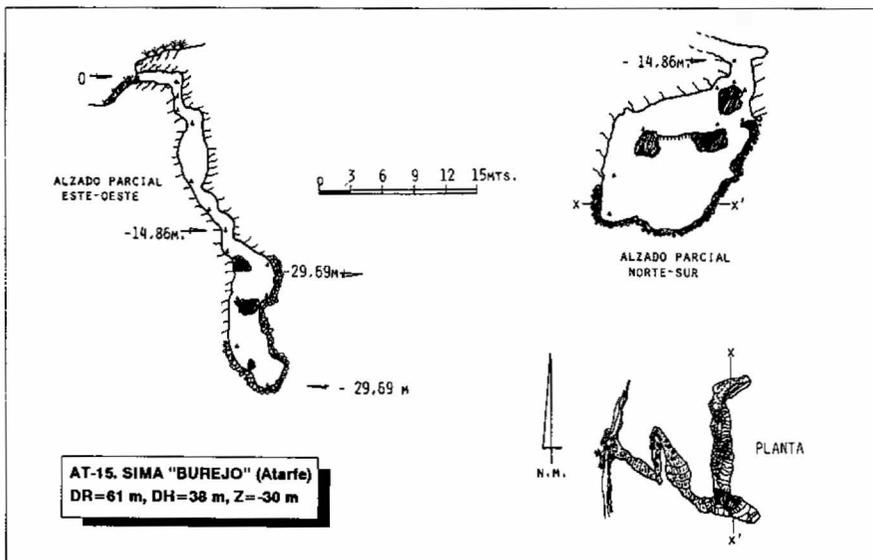
Foto 5
Espeleobuceo en "Raja Santa"
Foto: A. Ávila Alba



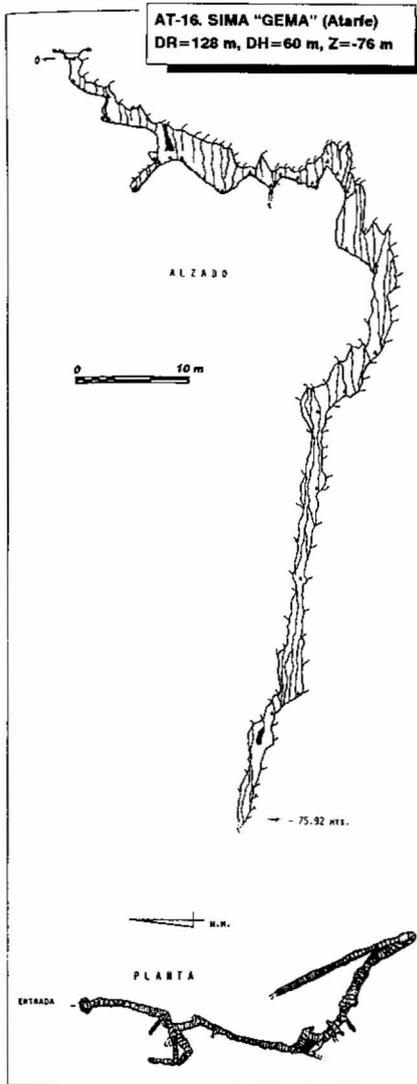
Foto 6
Descenso de la Sima "Raja Santa"
Foto: A. Ávila Alba



Sima de la "Niña" (AT-14)
Topografía: G.E.I.



Sima del "Burejo" (AT-15)
Topografía: G.E.I.



Sima "Gema" (AT-16)
 Topografía: G.E.I.

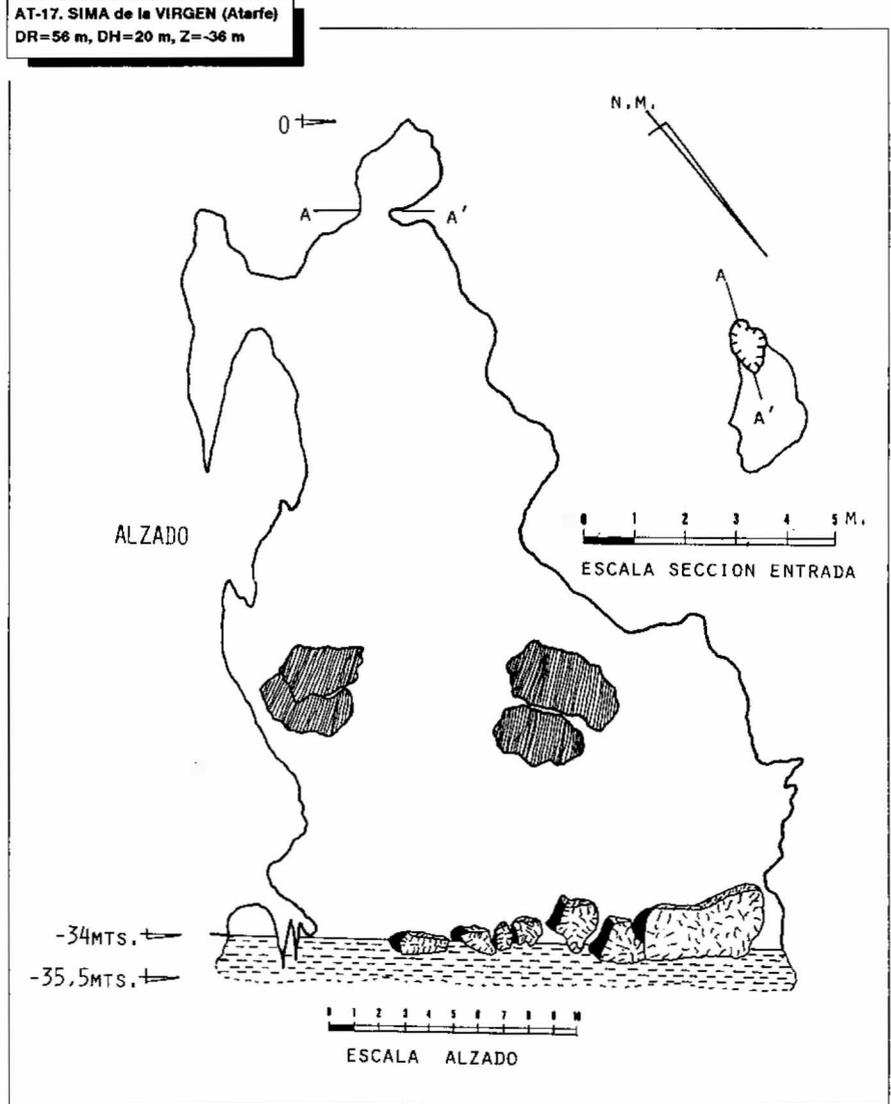
estudios de carácter climático de la misma (MENJÍBAR et al., 1983).

AT-14. "Sima de la Niña"

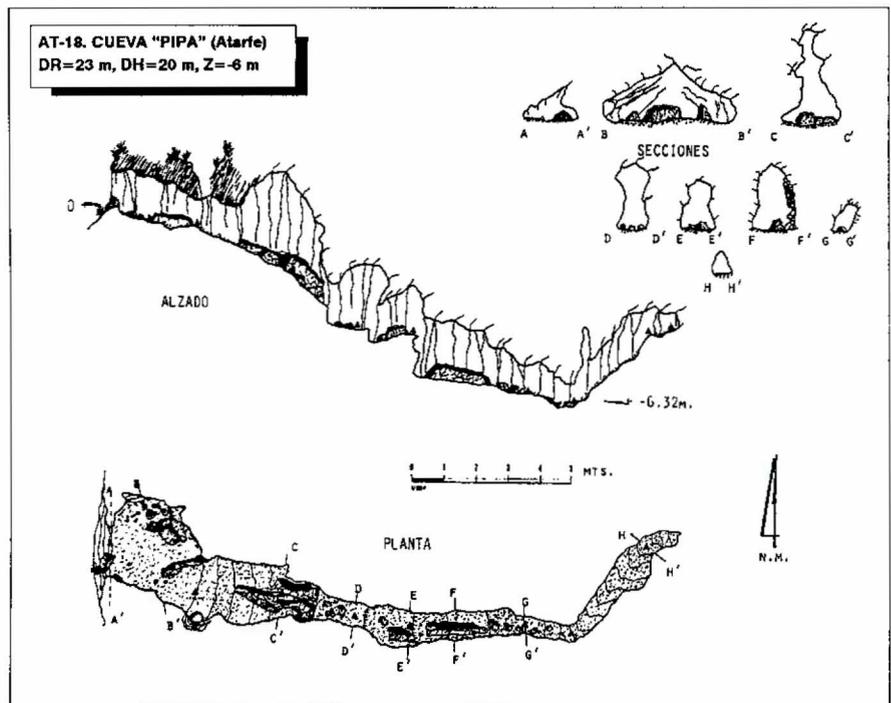
Se encuentra en las inmediaciones del Cerro del Sombrerete. Presenta morfologías quimioclásticas asociadas a sedimentos de carácter alóctono, así como espeleotemas parietales afectados por procesos de redisolución. Su desarrollo total es de unos 60 m y la profundidad es de 39 m.

AT-15. "Sima del Burejo"

Se localiza en el Cerro de los Mártires, casi en la cumbre del mismo, pudiéndose ver la entrada de la sima desde la carretera nacional. En esta sima se pueden observar numerosas evidencias de procesos graviclásticos, siendo prácticamente anecdótica la presencia de concreciones y espeleotemas. La profundidad máxima es de 30 m, y el desarrollo total 61 m.

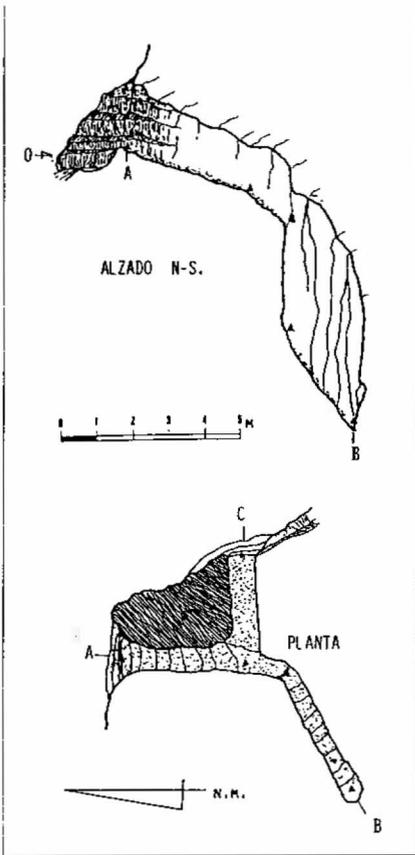


Sima de la Virgen (AT-17)
 Topografía: G.E.I.



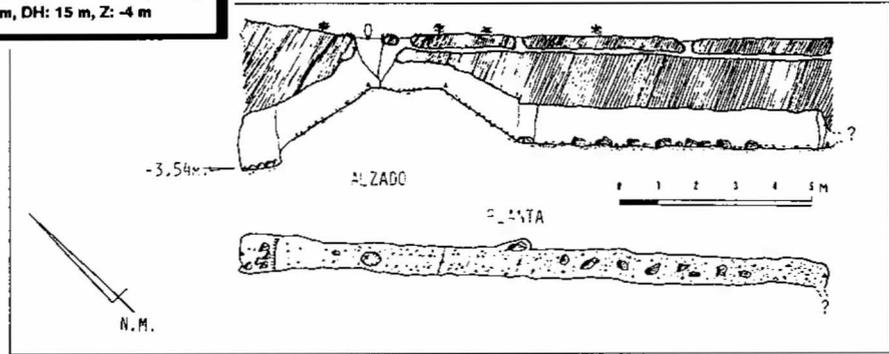
Cueva "Pipa" (AT-18)
 Topografía: G.E.I.

AT-19. CUEVA "QUE NO SE" (Atarfe)
DR: 16 m, Z: -8 m



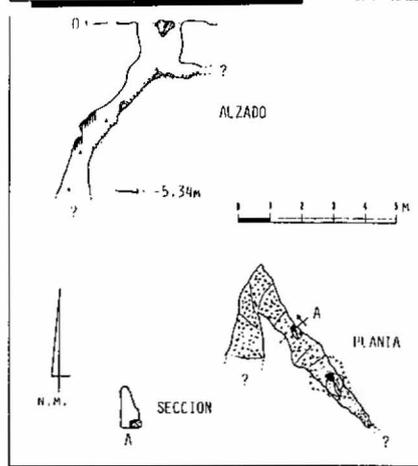
Cueva "Que no se" (AT-19)
Topografía: G.E.I.

AT-20. SIMA "LAPALALA" (Atarfe)
DR: 18 m, DH: 15 m, Z: -4 m



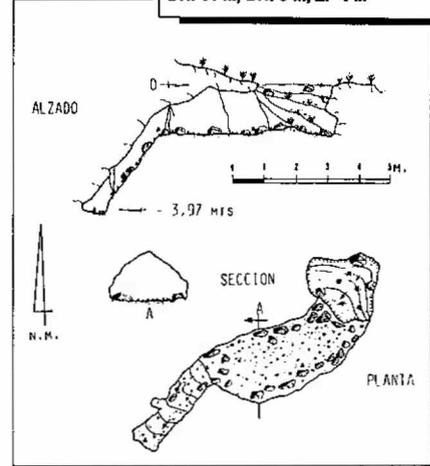
Sima "Lapapala" (AT-20)
Topografía: G.E.I.

AT-21. SIMA "PINGÜINO" (Atarfe)
DR: 8 m, DH: 6 m, Z: -5 m



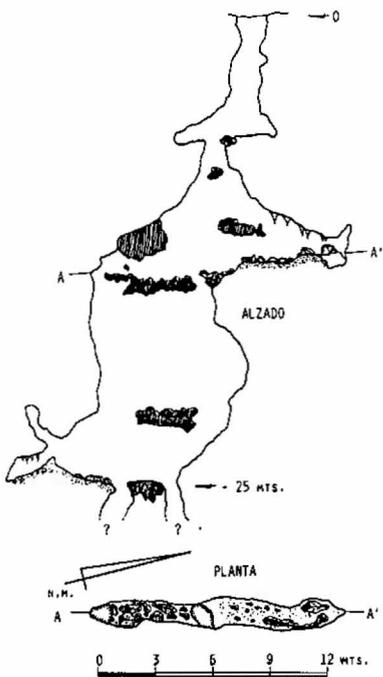
Sima "Pingüinos" (AT-21)
Topografía: G.E.I.

AT-22. CUEVA "NO ME LLUEVE" (Atarfe)
DR: 11 m, DH: 9 m, Z: -4 m



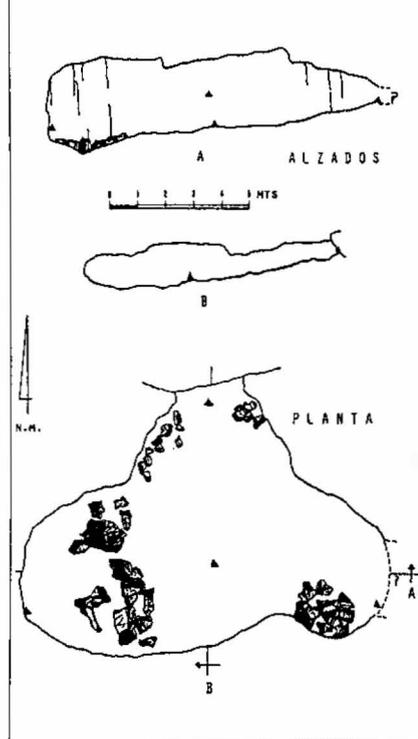
Cueva "No me llueve" (AT-22)
Topografía: G.E.I.

AT-24. SIMA "TOSTANCIEGOS" (Atarfe)
DR: 48 m, DH: 23 m, Z: -25 m



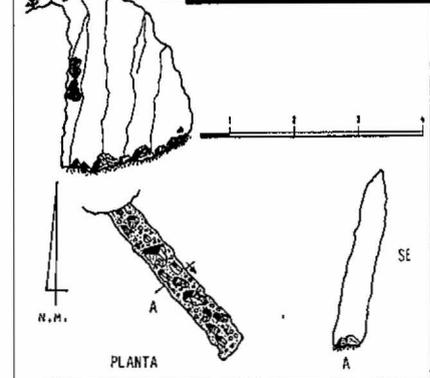
Sima "Tostanciegos" (AT-24)
Topografía: G.E.I.

AT-25. CUEVA "AQUELARRE" (Atarfe)
DR: 19 m, DH: 19 m, Z: -1 m



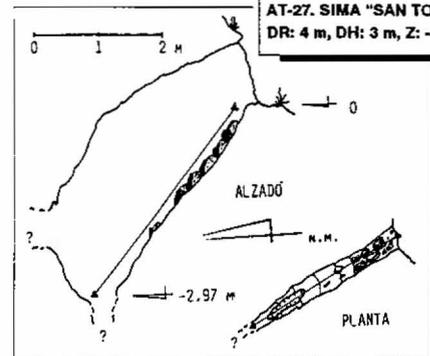
Cueva "Aquelarre" (AT-25)
Topografía: G.E.I.

AT-26. SIMA "SANTA CHICA" (Atarfe)
DR: 4 m, DH: 3 m, Z: -2 m



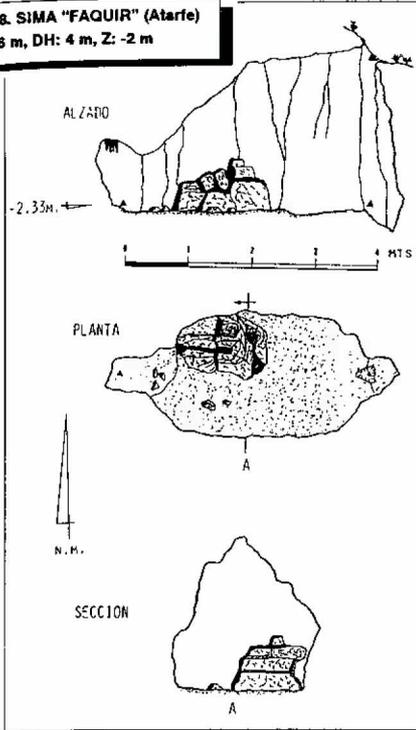
Sima "Santa Chica" (AT-26)
Topografía: G.E.I.

AT-27. SIMA "SAN TODOY" (Atarfe)
DR: 4 m, DH: 3 m, Z: -3 m

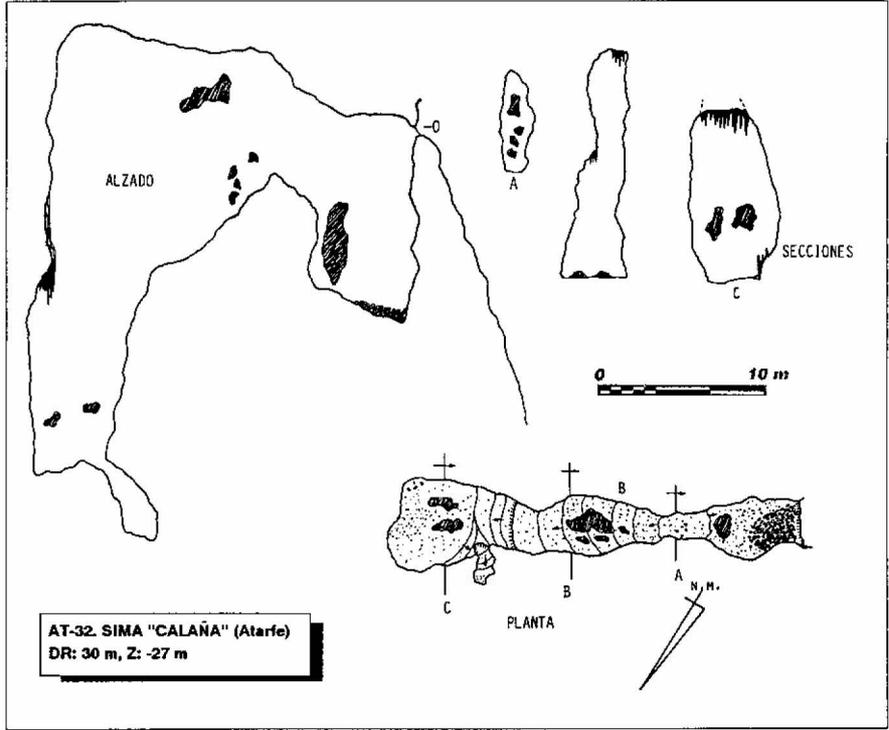


Sima "San Today" (AT-27)
Topografía: G.E.I.

AT-28. SIMA "FAQUIR" (Atarfe)
 DR: 6 m, DH: 4 m, Z: -2 m



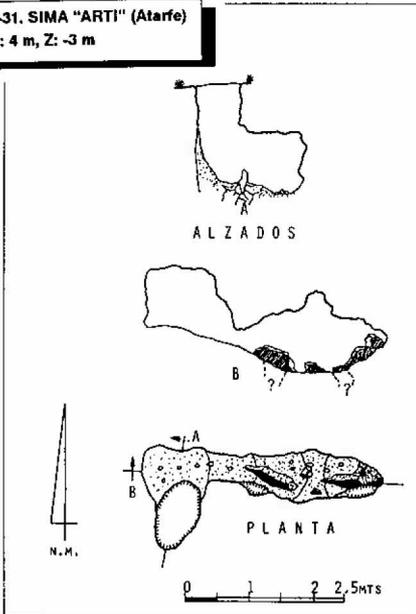
Sima "Faquir" (AT-28)
 Topografía: G.E.I.



AT-32. SIMA "CALAÑA" (Atarfe)
 DR: 30 m, Z: -27 m

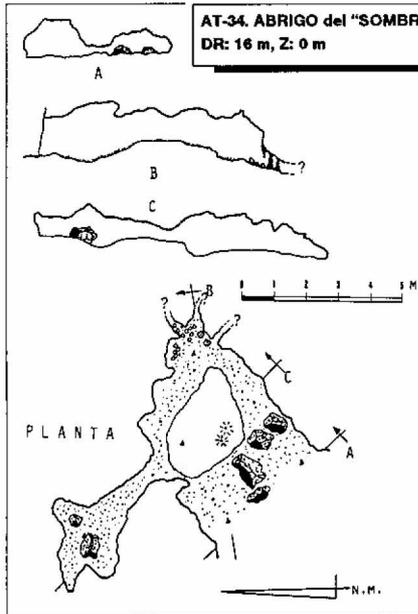
Sima "Calañas" (AT-32)
 Topografía: G.E.I.

AT-31. SIMA "ARTI" (Atarfe)
 DR: 4 m, Z: -3 m



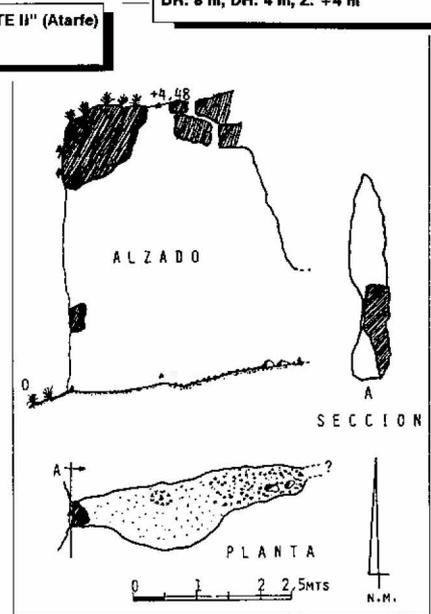
Sima "Arti" (AT-31)
 Topografía: G.E.I.

AT-34. ABRIGO del "SOMBRERETE II" (Atarfe)
 DR: 16 m, Z: 0 m



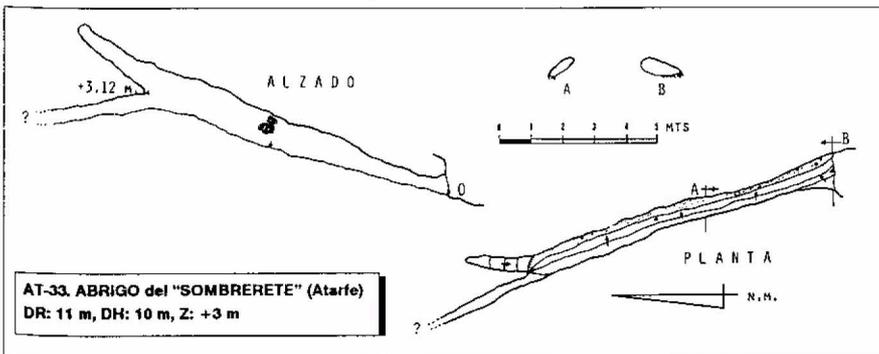
Abrigo del "Sombrero II" (AT-34)
 Topografía: G.E.I.

AT-36. ABRIGO "GROTTA" (Atarfe)
 DR: 8 m, DH: 4 m, Z: +4 m



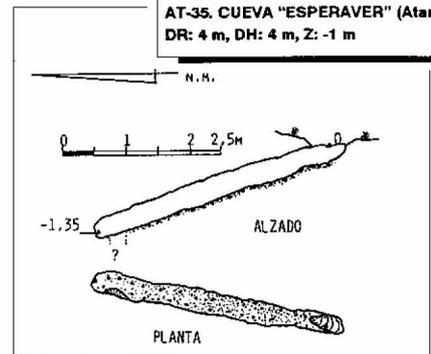
Abrigo "Grotta" (AT-36)
 Topografía: G.E.I.

AT-33. ABRIGO del "SOMBRERETE" (Atarfe)
 DR: 11 m, DH: 10 m, Z: +3 m

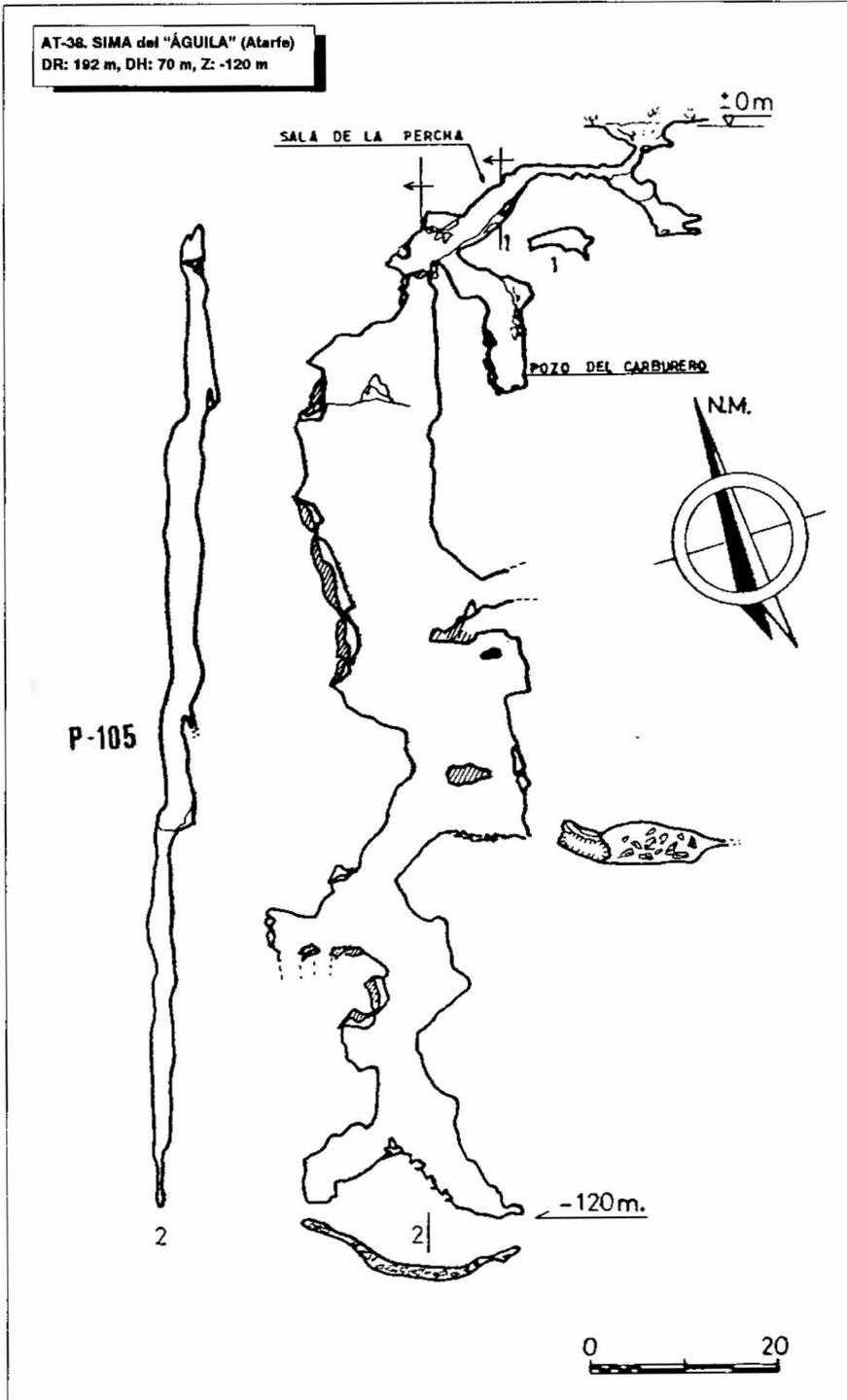


Abrigo del "Sombrero" (AT-33)
 Topografía: G.E.I.

AT-35. CUEVA "ESPERAVER" (Atarfe)
 DR: 4 m, DH: 4 m, Z: -1 m



Cueva "Esperaver" (AT-35)
 Topografía: G.E.I.



Sima del "Águila" (AT-38, AT-1 GEG)
Topografía: G.E.G.

AT-16. "Sima Gema"

Es una de las cavidades con mayor profundidad (76 m), superando los 120 m de desarrollo. Está situada en las inmediaciones de la AT-15 y son características de esta sima su estrechez y la ausencia de concreciones y espeleotemas.

AT-17. "Sima de la Virgen"

Se localiza en las inmediaciones de una cantera próxima al km 430 de la

carretera nacional CN-342. Su profundidad máxima es de 35.5 m y el desarrollo supera los 56 m. Fue topografiada en el año 1970 por el Grupo Alpino 4P (Sección de Espeleología).

AT-38. "Sima del Águila"

Se trata de la segunda vertical más importante del macizo (-120 m). Situada en la vertiente norte de Sierra Elvira, próxima a otras cavidades de notables dimensiones (simas del Castro y el Pastor), ha sido objeto de publicación en



Foto 7
Descenso de la Sima del Águila
Foto: A. Ávila Alba

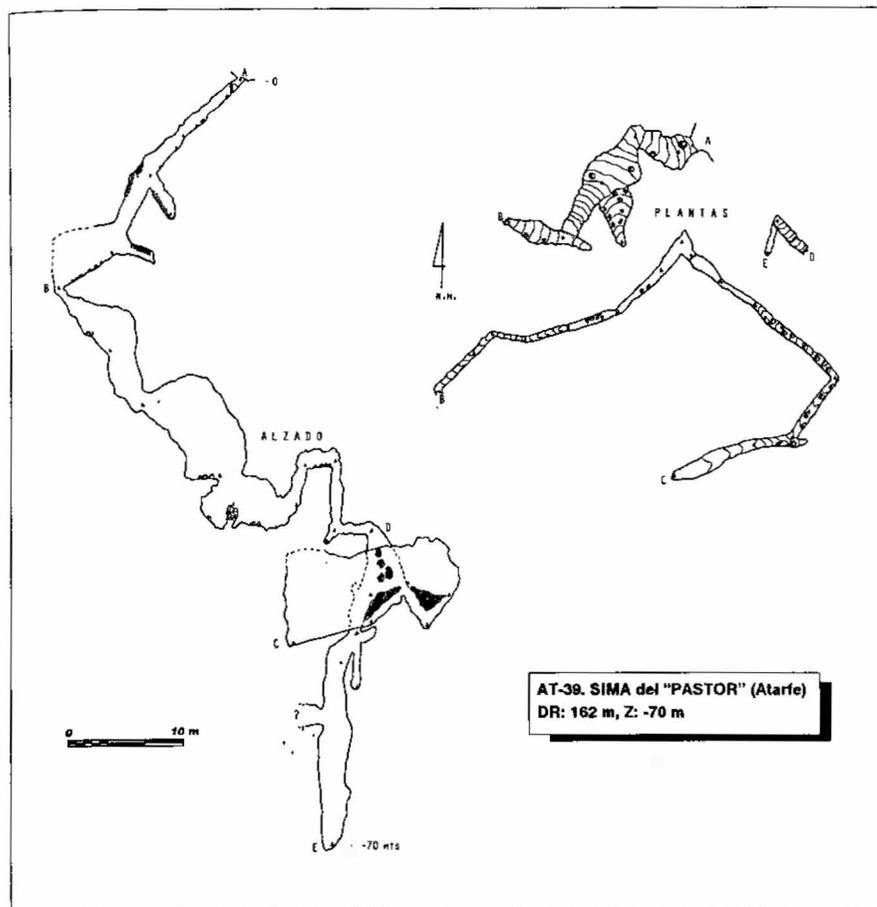


Foto 8
Sima del Águila. Foto: A. Ávila Alba

varias ocasiones (GONZÁLEZ RÍOS, 1982; GONZÁLEZ RÍOS, 1992). Se trata de una sima de origen claramente tectónico, sin apenas concreciones ni espeleotemas, aunque sí abundan los procesos graviclásticos. Posee gran interés deportivo, con verticales absolutas que superan los 90 m (fotografías 7 y 8).

AT-39. "Sima del Pastor"

Al igual que en el caso anterior, esta cavidad tiene también un gran interés



Sima del "Pastor" (AT-39)
 Topografía: G.E.I.

espeleológico, ya que su descenso se realiza prácticamente a oposición (-70 m). Está situada en la vertiente norte del macizo, próxima a las simas del Águila (AT-38) y del Pastor (AT-40).

AT-40. "Sima del Castro"

Es otra de las cavidades emblemáticas de Sierra Elvira, con una profundidad de 60 m y un desarrollo de 119 m. Su boca de acceso está situada en la vertiente norte del pico Piorno, a 920 m s.n.m. Son abundantes las morfologías graviclásticas ("caos de bloques") y en algunos puntos se pueden observar formaciones parietales. Según datos tomados en el año 1975, la temperatura media es de 15,1 °C, valor casi idéntico a la media exterior calculada. Ello indica que esta cavidad no estaría afectada por procesos de termalismo, lo cual es comprensible dada la cota a la que se encuentra.

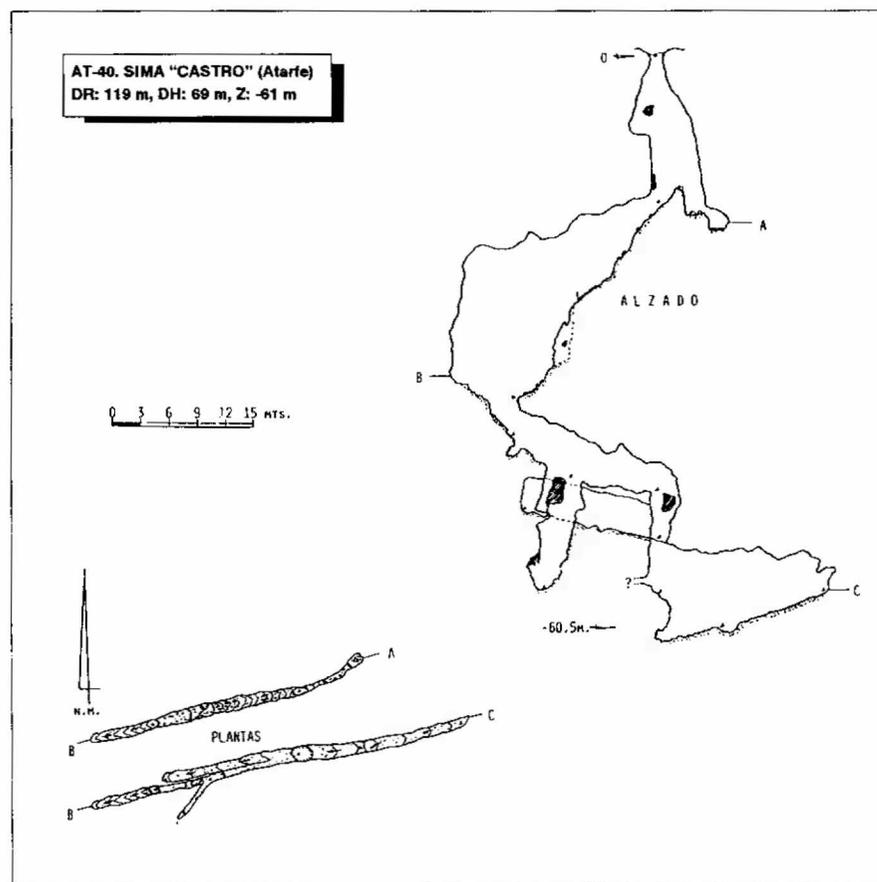
PP-2. "Sima de los Plomos"

Conocida desde 1946, fue explorada por primera vez en 1977. Está situada en el término municipal de Pinos Puente. Su profundidad máxima es de 26 m, y su desarrollo supera los 67 m. El valor medio de su temperatura es 14.5 °C, según se desprende de los datos tomados durante los años 77 a 79.

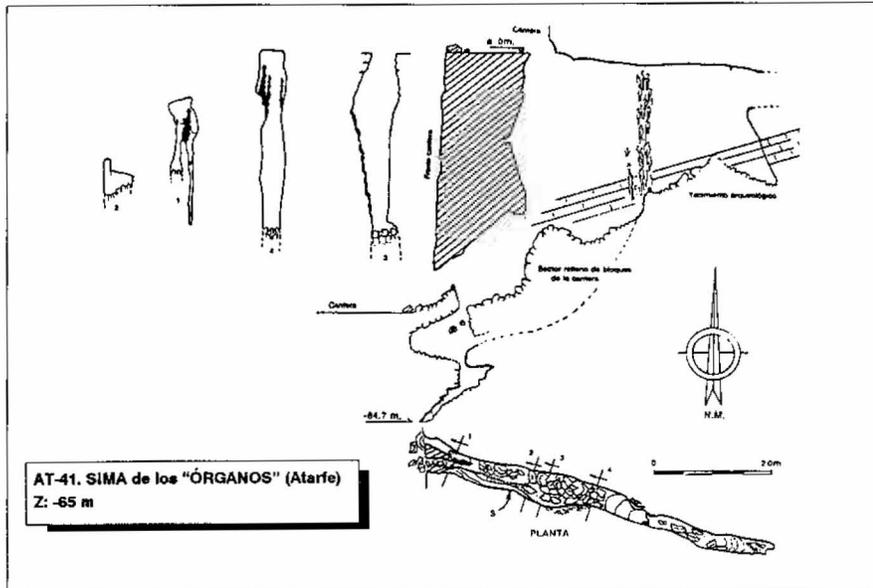
DIRECCIONES PREFERENCIALES DE KARSTIFICACIÓN

Se ha llevado a cabo el análisis de las direcciones de las galerías cartografiadas, con el objeto de determinar la dirección predominante de desarrollo del endokarst. El método empleado ha consistido en dibujar tramos rectilíneos de galerías a partir de las 43 topografías disponibles. Se obtuvo un total de 238 segmentos que corresponden a una longitud de 1483 m. La densidad teórica de la red explorada es de 148 m/km², valor que contrasta fuertemente con los 9.7 m/km² deducidos en Sierra Gorda, próxima a Sierra Elvira (LÓPEZ CHICANO Y PULIDO BOSCH, 1988). Para el estudio estadístico se han tenido en cuenta, por un lado, datos puntuales de direcciones, y por otro, direcciones y longitudes acumuladas, representándose los datos en forma de histogramas circulares (figura 5).

El análisis direccional llevado a cabo revela la existencia de un máximo absoluto de dirección N 90-110 E (habría que descontar el efecto de la declinación magnética), coincidiendo con el máximo de karstificación deducido en maci-

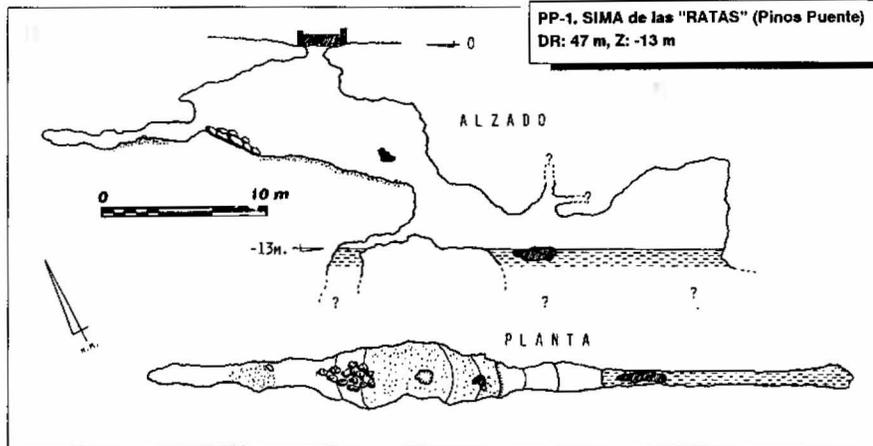


Sima "Castro" (AT-40)
 Topografía: G.E.I.



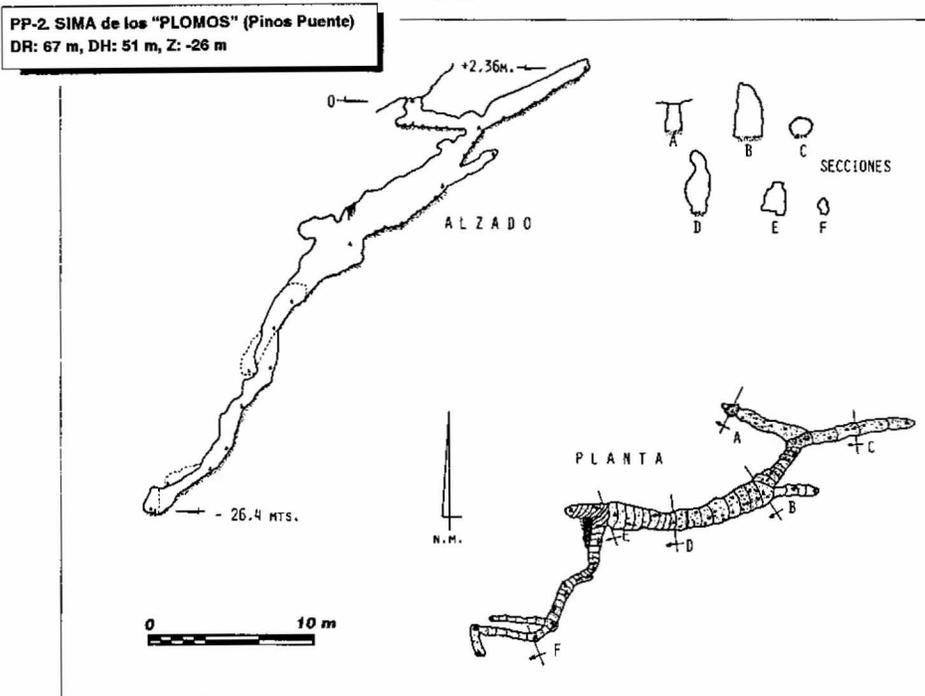
AT-41. SIMA de los "ÓRGANOS" (Atarfe)
Z: -65 m

Sima de los "Órganos" (AT-41)
Topografía: S.G.E.G. y G.E.M.



PP-1. SIMA de las "RATAS" (Pinos Puente)
DR: 47 m, Z: -13 m

Sima de las "Ratitas" (PP-1)
Topografía: G.E.I.



PP-2. SIMA de los "PLOS" (Pinos Puente)
DR: 67 m, DH: 51 m, Z: -26 m

Sima de los "Plomos" (PP-2)
Topografía: G.E.I.

zos próximos (LÓPEZ CHICANO y PULIDO BOSCH, op. cit.). Otros máximos relativos son N 150-160 E, N 40-50 E y N 0-10 E que, salvo éste último, coinciden con los grandes sistemas de fracturas observables en Sierra Elvira. Sin embargo, el máximo absoluto de karstificación deducido anteriormente no coincide con la dirección de las lineaciones observables en Sierra Elvira. No obstante, existen fracturas antiguas de dirección E-W aproximadamente que no desarrollan un máximo en el análisis de fracturación realizado sobre el macizo (PARDO, 1986), por estar enmascaradas por juegos de fracturas más recientes, pero que se ven afectadas por una intensa karstificación.

CONCLUSIONES

Hasta ahora se había considerado a Sierra Elvira como un macizo carbonatado sin abundantes manifestaciones kársticas subterráneas, atribuyéndole un papel secundario desde el punto de vista espeleogenético, a excepción de la sima de Raja Santa. La realidad es bien distinta, ya que en sólo 10 km² de afloramientos susceptibles de karstificación, se han topografiado más de 40 cavidades que suponen un desarrollo total de 2.329 m de longitud, con profundidades que rebasan los 50 m en 6 cavidades, dos de las cuales superan los 100 m de desnivel.

De los afloramientos carbonatados los que desarrollan mayor número de cavidades son las calizas con nódulos de sílex y calizas con crinoides, de edades Sinemuriense y Carixiense, respectivamente. Las dolomías del Lías inferior también desarrollan importantes cavidades en la vertiente norte del macizo, caracterizadas por la ausencia de concreciones y espeleotemas, siendo frecuentes en ellas las morfologías graviclásticas. La dirección predominante de las galerías topografiadas (N 90-110 E) no coincide con la de las fracturas visibles en fotografía aérea, lo que puede interpretarse como que se trata de un antiguo sistema preferencial de karstificación, hoy afectado por fracturas más recientes.

El proceso de karstificación actual se encuentra fuertemente afectado. Una profunda degradación forestal, originada por una prolongada actividad humana, ha dado lugar a la instauración de una vegetación rala que protege débilmente a los suelos frente a las precipitaciones. La pérdida de esta cobertura edáfica impide que el agua de lluvia se enriquezca en CO₂, afectando negativamente a los procesos de disolución.

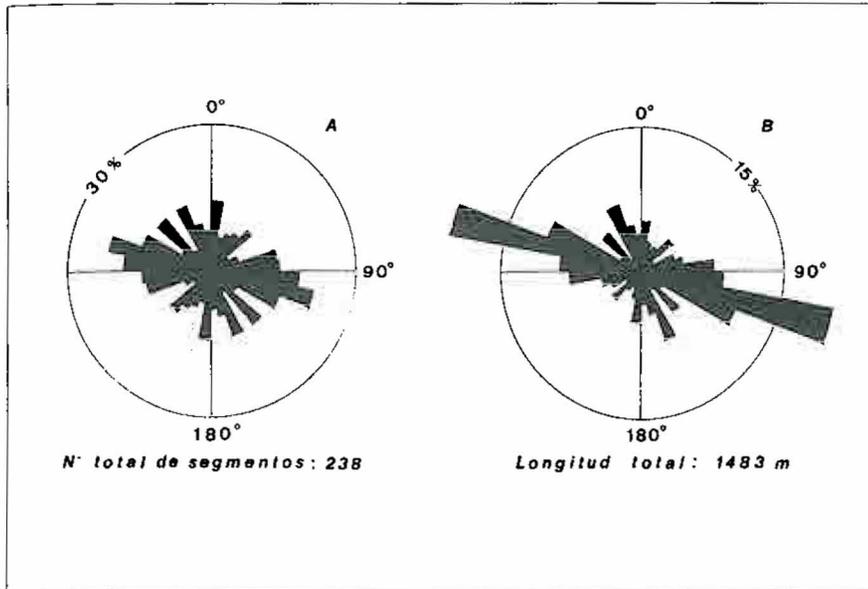
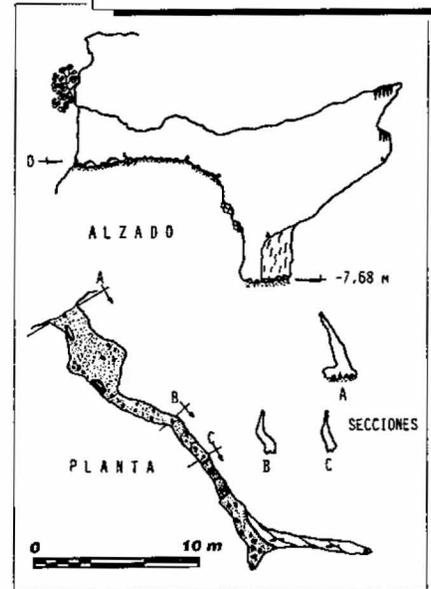


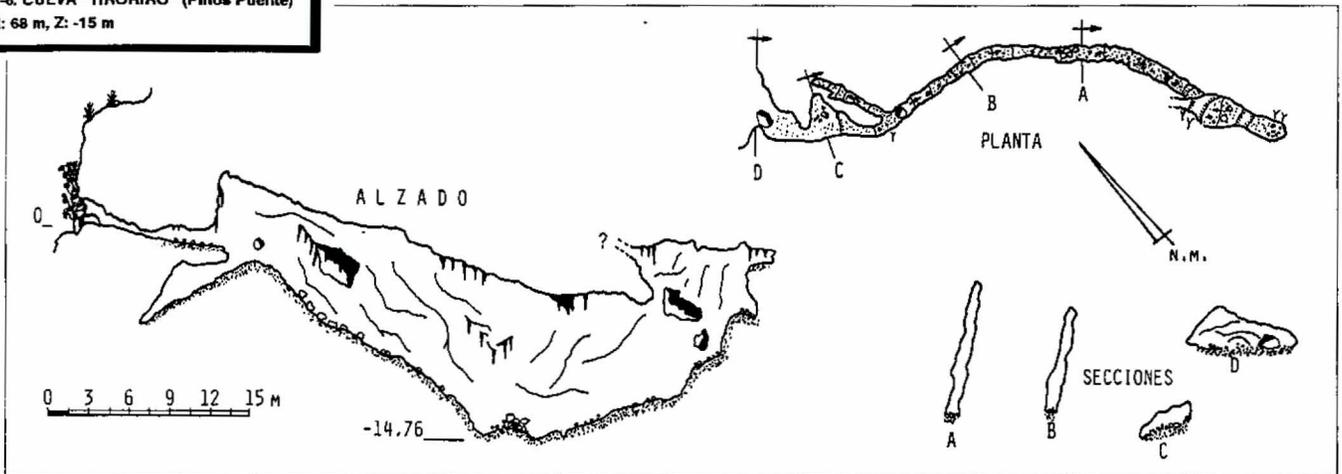
Figura 5
Distribución direccional de las galerías cartografiadas (A: número de segmentos; B: longitudes acumuladas) en el macizo kárstico de Sierra Elvira.

PP-3. CUEVA de la "HIGUERA" (Pinos Puente)
DR: 33 m, DH: 29 m, Z: -8 m



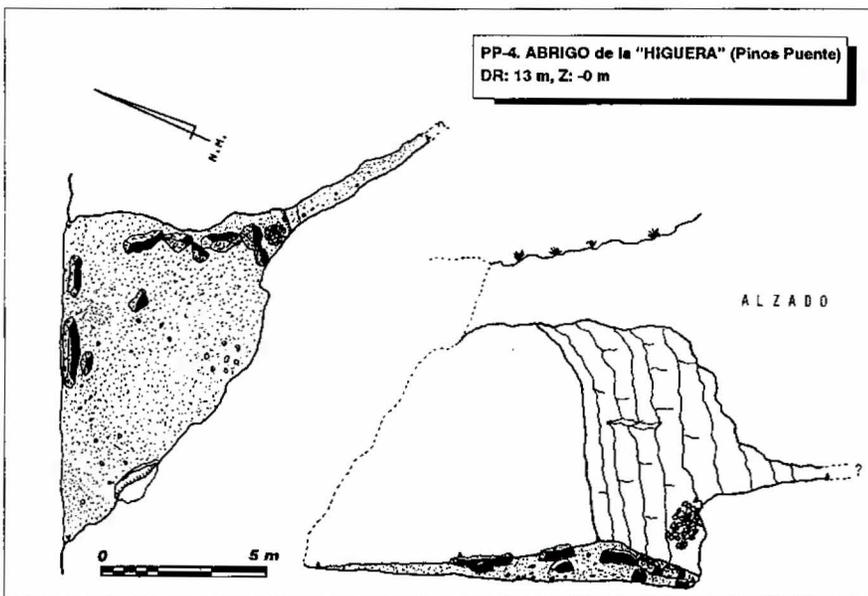
Cueva de la "Higuera" (PP-3)
Topografía: G.E.I.

PP-6. CUEVA "TIROIRO" (Pinos Puente)
DR: 68 m, Z: -15 m



Cueva "Tiroriro" (PP-6)
Topografía: G.E.I.

PP-4. ABRIGO de la "HIGUERA" (Pinos Puente)
DR: 13 m, Z: -0 m



Abrigo de la "Higuera" (PP-4)
Topografía: G.E.I.

Por otra parte, la escasez de precipitación y el desarrollo incontrolado de algunas explotaciones de áridos contribuyen a frenar (y a destruir) este importante endokarst.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este artículo ha sido posible gracias a la labor desarrollada durante casi 20 años por los miembros del Grupo Espeleológico Ilíberis, en especial nuestro compañero y amigo **Luis Ávila Alba**, que coordinó y participó en casi todas las topografías aquí presentadas. Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a D. Antonio Pulido Bosch, Profesor Titular de Hidrogeología del Dpto. de Geodinámica de la Universidad de Granada y Miembro Honorífico del G.E.I., por sus sugerencias y anotaciones acerca del presente artículo.

SIGLAS	NOMBRE	D	Z	TOPOGRAFIA
AT-1	Pisa de la Burra	73,5	-26,8	G.E.I. 1976
AT-2	Ninini (El Rajón)	33,7	3,95	G.E.I. 1976
AT-3	Higuereta	20,6	-13,8	G.E.I. 1983
AT-4	Sima de San Juan	83,4	-45,4	G.E.I. 1975
AT-5	Cueva del Gato	62,5	-32,9	G.E.I. 1979
AT-6	Sima Me Da Igual	17,8	-6	G.E.I. 1978
AT-7	Sima Toquero	13,6	-8,5	G.E.I. 1978
AT-8	Sima Uralito	58,5	-18,3	G.E.I. 1975
AT-9	Cueva S. Adrés	54,6	-8,6	G.E.I. 1977
AT-10	Sima Santa Irene	75,26	-33,2	G.E.I. 1975
AT-11	Sima Pisto	15,2	-20	G.E.I. 1977
AT-12	Sima S. José	9,3	-7,4	G.E.I. 1975
AT-13	Raja Santa	456,8 (584)	-152 (-163)	(1)
AT-14	Sima Niña	51,9	-38,8	G.E.I. 1975
AT-15	Sima Burejo	61,4	-29,7	G.E.I. 1981
AT-16	Sima Gema	128,5	-75,9	G.E.I. 1980
AT-17	Sima de la Virgen	55,5	-35,5	G.A.4P 1970
AT-18	Cueva Pipa	22,7	-6,3	G.E.I. 1981
AT-19	Cueva No Se	15,7	-7,6	G.E.I. 1979
AT-20	Lapapala	17,8	3,5	G.E.I. ¿?
AT-21	Los Pingüinos	8,2	-5,3	G.E.I. 1981
AT-22	Cueva No Me Lueve	10,6	-4	G.E.I. 1977
AT-23	Sima de los Baños	-	-	-
AT-24	Sima Tostanciegos	47,5	-25	G.A.4P 1973
AT-25	Cueva Aquellarre	19	-1,3	G.E.I. 1979
AT-26	Sima Santa Chica	3,5	-2,1	G.E.I. 1979
AT-27	Sima San Todoy	4	-3	G.E.I. 1979
AT-28	Sima Faquir	6,3	-2,3	G.E.I. 1979
AT-31	Sima Artí	3,75	2,7	G.E.I. 1978
AT-32	Sima Calañas	29,9	27,1	G.E.I. 1978
AT-33	Abrigo Sombrerete	10,6	3,1	G.E.I. 1980
AT-34	Abrigo Sombrerete II	16,4	0	G.E.I. 1980
AT-35	Cueva Esperaver	4	-1,4	G.E.I. ¿?
AT-36	Abrigo Grotta	8	4,5	G.E.I. ¿?
AT-38	Sima del Aguila	192	-120	G.E.G. 1975
AT-39	Sima del Pastor	161,7	-70	G.E.I. 1976
AT-40	Sima del Castro	119	-60,5	G.E.I. 1975
AT-41	Sima Organos	-	-64,7	S.G.E.G.-G.E.M. (199
PP-1	Las Ratias	47	-13	G.E.I. 1973
PP-2	Los Plomos	67,3	-26,4	G.E.I. 1977
PP-3	La Higuera	33,2	-7,7	G.E.I. 1979
PP-4	Abrigo de la Higuera	13,2	0	G.E.I. 1979
PP-5	Cueva Tiroriro	68,1	-14,8	G.E.I. 1980

Tabla 2

Resumen del inventario de cavidades de Sierra Elvira. D: desarrollo total, en m; Z: desnivel total, en m; en la tercera columna se muestra el grupo que realizó la topografía y el año de realización de la misma; (1): Entre paréntesis, valores deducidos de la topografía realizada por G.E.G.-G.E.S. de la S.E.M. en 1981. Existen 4 topografías de esta sima (G.E.G., GA-4P, G.E.I. y S.G.E.G.-G.E.S. de la S.E.M.).

culo. Asimismo queremos agradecer la colaboración desinteresada en los aspectos tectónicos del trabajo a D. Víctor García Dueñas, Catedrático de Geodinámica de la Universidad de Granada, así como a D. Antonio Castillo Martín, investigador del C.S.I.C. y al profesor D. Manuel López Chicano, de la Universidad de Granada. También queremos manifestar nuestra gratitud a D. Manuel J. González Ríos, miembro de la S.G.E.G. por la información y topografías facilitadas. No podemos olvidar a todas aquellas personas que en algún momento colaboraron, o simplemente acompañaron, en las tareas de exploración y topografía de las cavidades y simas de Sierra Elvira.

BIBLIOGRAFÍA

BRAGA J.C., JIMÉNEZ A.P., y RIVAS P.

(1979). *El Jurásico de Sierra Elvira (estudio especial del Lías medio y superior)*. Cuad. Geol. Univ. Granada. 10: 597-604.

CALAFORRA J.M., FORTI P. y PULIDO-BOSCH A. (1992). *Nota preliminar sobre la influencia climática en la evolución espeleogenética en yesos, con especial referencia a los afloramientos kársticos de Sorbas (España) y de Emilia Romagna (Italia)*. Espeleotemas, 2: 9-18, Almería.

CASTILLO A. (1986). *Estudio hidrogeológico del acuífero de la Vega de Granada*. Tesis Doctoral. IGME-Univ. Granada, 658 p.

CASTILLO A. (1992). *Contribución al conocimiento hidrogeológico de Sierra Elvira (Granada)*. Naturalia Baética, 4: 73-80.

FORD D.C. and WILLIAMS P.W. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman ed. 601 pp. London.

GARCÍA DUEÑAS V. (1967). *Geología de la Zona Subbética al norte de Granada*. Tesis Doctoral. Univ. Granada. 534 pp.

GARCÍA DUEÑAS V. (1969). *Les unites alloctones de la Zone Subbétique dans la*

Transversal de Grenade (Cordillères Bétiques, Espagne). Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, Vol. XI, Fasc. 2, p. 211-222, París.

GARCÍA DUEÑAS V., Y GONZÁLEZ DONOSO J.M. (1971). *Mapa y memoria explicativa de la Hoja 1009 (Granada) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000*. IGME primera serie, 16 p.

GARCÍA DUEÑAS V., BALANYA J.C., and MARTÍNEZ MARTÍNEZ J.M. (1992). *Miocene extensional detachments in the outcropping basement of the Northern Alboran Basin (Betics) and their tectonic implications*. Geo-marine Letters, 12: 88-95.

G.E.G. y G.E.S. de la S.E.M. (1982). *Sima de Raja Santa, Atarfe (Granada)*. Sociedad Excursionista de Málaga, 75 Aniversario 1906-1981, 113-115, Málaga.

GOMEZ CRUZ M. (1991). *Atlas Histórico Forestal de Andalucía*. Siglo XVIII. Univ. de Granada, 73 p.

GONZALEZ RIOS M.J. (1982). *El accidente de Raja Santa*. Boletín Informativo G.E.G. 2:3-8, Granada.

GONZALEZ RIOS M.J., ALCALDE A. y FERNANDEZ J.M., (1982). *La Sima del Aguila (-120 m)*. Boletín informativo G.E.G. 1: 4-8, Granada.

GONZALEZ RIOS M.J., (1992). *Grandes cavidades de la provincia de Granada*. Espeleotemas, 2: 19-36, Almería.

GONZALEZ RIOS M.J. y GARCIA GONZALEZ G. (1994). *La sima de los Organos, Sierra Elvira (Atarfe, Granada)*. Una nueva cavidad destruida por las canteras. Andalucía Subterránea, 11:70-72.

LOPEZ CHICANO M. y PULIDO-BOSCH A. (1988). *Aproximación al conocimiento de las direcciones preferenciales de karstificación en el acuífero carbonático de Sierra Gorda (Granada)*. II Congreso Geológico de España, 2: 403-406.

LOPEZ LIMIA B. (1987). *Geomorfología del Karst de Pinar Negro (Sierra de Segura, Jaén)*. Lapiaz, monografía II, 55 p, Valencia.

LUPIANI E. y SORIA J.M. (1985). *Mapa y memoria explicativa de la Hoja 1009 (Granada) del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. I.T.G.E.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (1975). *Mapa de cultivos y Aprovechamientos*. Hoja 1009-Granada, escala 1:50.000. Dirección General de la Producción Agraria, Madrid.

MENJIBAR J.L., DIAZ M. y TORICES S. (1983). *La sima termal de la Raja Santa (Atarfe, Granada)*. Spes, 3: 7-25, Granada.

NUÑEZ (1984). *Cuevas y Carsos*. Ministerio de cultura, Editorial Científico-Técnica, 431 p. Ciudad de La Habana.

PARDO E. (1986). *Contribución al conocimiento hidrogeológico de Sierra Elvira*. Departamento de Geodinámica, Univ. de Granada (inédito), 169 p.

PERNA G. (1974). *Fenomeni di dissoluzione carsica superficiale*. Actas XII Congreso Internacional de Espeleología, Italia.

POMAR L. (1989). *Espeleotemas freáticos, karst litoral y oscilaciones del nivel del mar durante el Cuaternario en la isla de Mallorca, in "El karst en España"*; Mon. núm. 4 S.E.G., 265-275, Madrid. ■