Geomorfología y estructura del sector de la Cueva del Agua, karst en yesos de Sorbas (Almería)

Calaforra, J.M., Pulido-Bosch, A.**, Sánchez Martos, F.*, Montero López, A. ****

* Departamento de Geodinámica. Campus Universitario de Almería. Almería.
** Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias. Univ. Granada
*** Espeleo-Club "Almería". C/ Santa Bárbara 67, Almería.

Resumen

El karst en yeso de Sorbas es un área de extraordinario interés espeleológico, interés que viene justificado por el gran número de cavidades, el notable desarrollo de algunas de ellas (Cueva del Agua, Covadura, Sima del Corral) y su singularidad geomorfológica, tanto exterior como subterránea.

El sector de la Cueva del Agua corresponde a una depresión cerrada de alrededor de 1.5 Km^2 en la que se encuentran algo más de 100 pequeñas dolinas, como acceso al sistema, y que son el reflejo superficial de una densa red kárstica subterránea actualmente en exploración. En todos los procesos kársticos aquí desarrollados, tiene especial importancia la presencia de intercalaciones pelíticas en la serie yesífera que, junto con la fracturación, condicionan la configuración de la red subterránea y la disposición de las dolinas.

El sistema presenta una morfología freática en su área de descarga, y vadosa y mixta en las zonas de recarga. Destaca la gran variación de caudal en el manantial que drena el sistema, con caudales que oscilan desde menos de 1 l/s hasta 1 m pero con una inercia notable. En épocas de crecida, el drenaje se realiza por dos puntos: acceso a la Cueva del Agua y sistema SO-21, este último actuando como "tropplein".

Abstract

The gypsum karst of Sorbas is an area of an extraordinary speleological interest due to the large number of caves and the remarkable development in some of them (Cueva del Agua, Covadura, Sima del Corral). It is also important the geomorphological singularity in the outside and underground.

The sector of "La Cueva del Agua" fits in with a closed area of around 1.5 Km^2 in which more than 100 little sinkholes are found to provide the access to the system. they are the superficial reflex of a high concentration of an underground karst net in exploration nowadays. In all the karst processes we have mentioned here, it has special importance the presence of pelitic insertions in the gypsum series, with which the fracturation settles the underground net and disposition of the sinkholes.

The system presents a freatic morphology in its section of unloading, mixed vadose and overloading section.

The variation of flow in the spring water that drains the system with flows between 1 l/s and 1 m^3/s ., but with a remarkable inertia is emphasized. In times of rise the drainage is carried out through two points: access to "La Cueva del Agua" and the system "SO-21", this one working as "tropplein".

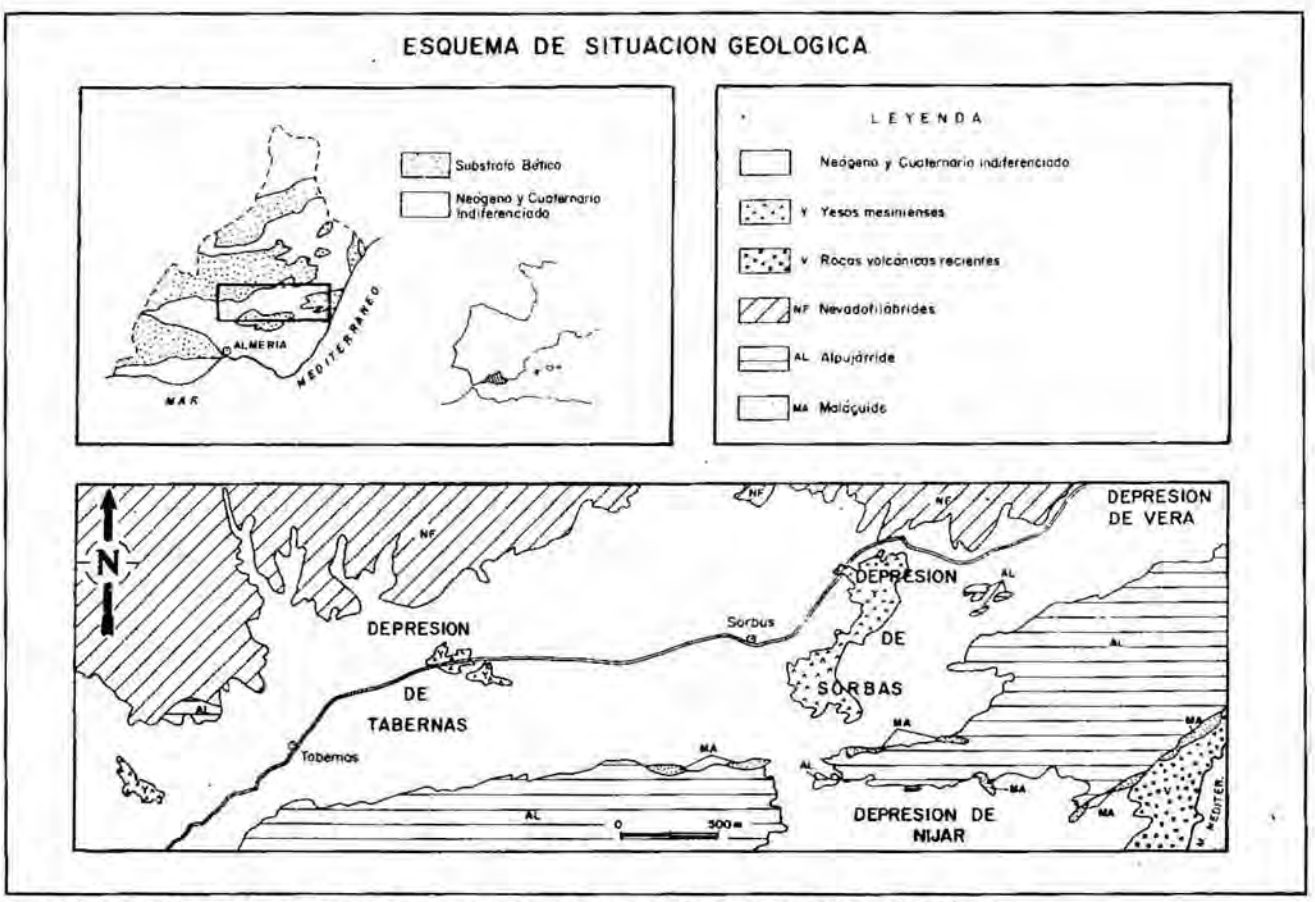

Figura 1. Situación geológica del karst en yeso de Sorbas en el contexto de las Cordilleras Béticas

INTRODUCCION

El karst en yesos de Sorbas, se sitúa al NE de la provincia de Almería, enclavado en una de las depresiones intramontañosas de las Cordilleras Béticas (figura 1).

Se trata de yesos messinienses correspondiente al miembro Yesares. La serie evaporítica tiene una potencia máxima de unos 120 m, siendo su principal característica la presencia de intervalos margosos interestratificados que afectan decisivamente a la morfología de las cavidades allí desarrolladas.

Hídricamente el conjunto del miembro Yesares se halla diferenciado del resto de la depresión por la presencia de una potente serie de margas y limos (miembro Abad) infrayacente a los yesos.

El sector de la Cueva del Agua, al cual nos referiremos en el presente artículo, se encuentra enclavado en la zona Norte del afloramiento yesífero. Se trata de una gran depresión endorreica de alrededor de 1.5 Km^2, donde se aloja el mayor complejo kárstico en yesos de España: el Sistema de la Cueva del Agua, con más de 6,7 Km de desarrollo. Exponemos aquí los principales condicionamientos estructurales y litológicos que han afectado a la evolución geomorfológica de este sector.

EL SECTOR DE LA CUEVA DEL AGUA

La depresión de la Cueva del Agua podría admitir el calificativo de polje (s.l.) dado su tamaño —alrededor de 1,5 Km^2— y los condicionantes estructurales que han regido en su formación y desarrollo. De hecho, estructuralmente se trata de un pliegue sinclinal con los flancos muy tendidos y con un nivel piezométrico "real" que ha controlado el desarrollo horizontal de la cavidad.

La descarga hídrica de esta depresión se realiza por dos puntos principales; el manantial de Las Viñicas y el tropplein SO-21, ambas entradas accesibles al vasto sistema de galerías subterráneas. El manantial de Las Viñicas, con unos 2 l/s de caudal medio, sorprende en épocas de crecida por sus caudales punta superiores a 1 m^3/s. Aun así, presenta una gran inercia, propiciada por la porosidad de la matriz yesífera, de forma que el manantial no llega a secarse tras grandes periodos de estiaje.

Galería característica del tramo SO-21 (Foto: J. García)

Pero la caracteristica más sorprendente de esta depresión la constituye el gran número de pequeñas dolinas que presenta en su interior. Han sido catalogadas más de 100, lo cual supone una densidad muy apreciable. En el mapa geomorfológico de la figura 2 puede observarse esta peculiar configuración.

GEOMORFOLOGIA

Los aspectos geomorfológicos que se van a tratar en detalle responden principalmente a la morfología de las formas superficiales más abundantes —dolinas— y a la morfología de las galerías del sistema de la Cueva del Agua según sus tramos. Se reflexiona también en la importancia del control litológico de este sector, tanto en las formas superficiales como subterráneas. Finalmente, se compara el análisis estructural realizado tanto en superficie como en el interior de la cavidad.

Exokarst (Tipología de dolinas)

La morfología exokárstrica del sector de la Cueva del Agua está muy ligada a la distribución espacial de los tres materiales aflorantes: yeso, intercalaciones pelíticas y arcilla de desyesificación. El yeso aflora fundamentalmente en el sector central de la depresión y a lo largo de una banda de unos 200 m. paralela al escarpe yesífero. Las intercalaciones pelíticas dentro del paquete yesífero, muy visibles en el sector de Covadura, han sido detectadas en el sector de la Cueva del Agua formando una capa más o menos continua de hasta 3 m de potencia en el área de cabecera. La arcilla de desyesificación cubre todo el conjunto, con espesores muy irregulares y alcanza los 2 m en la zona central.

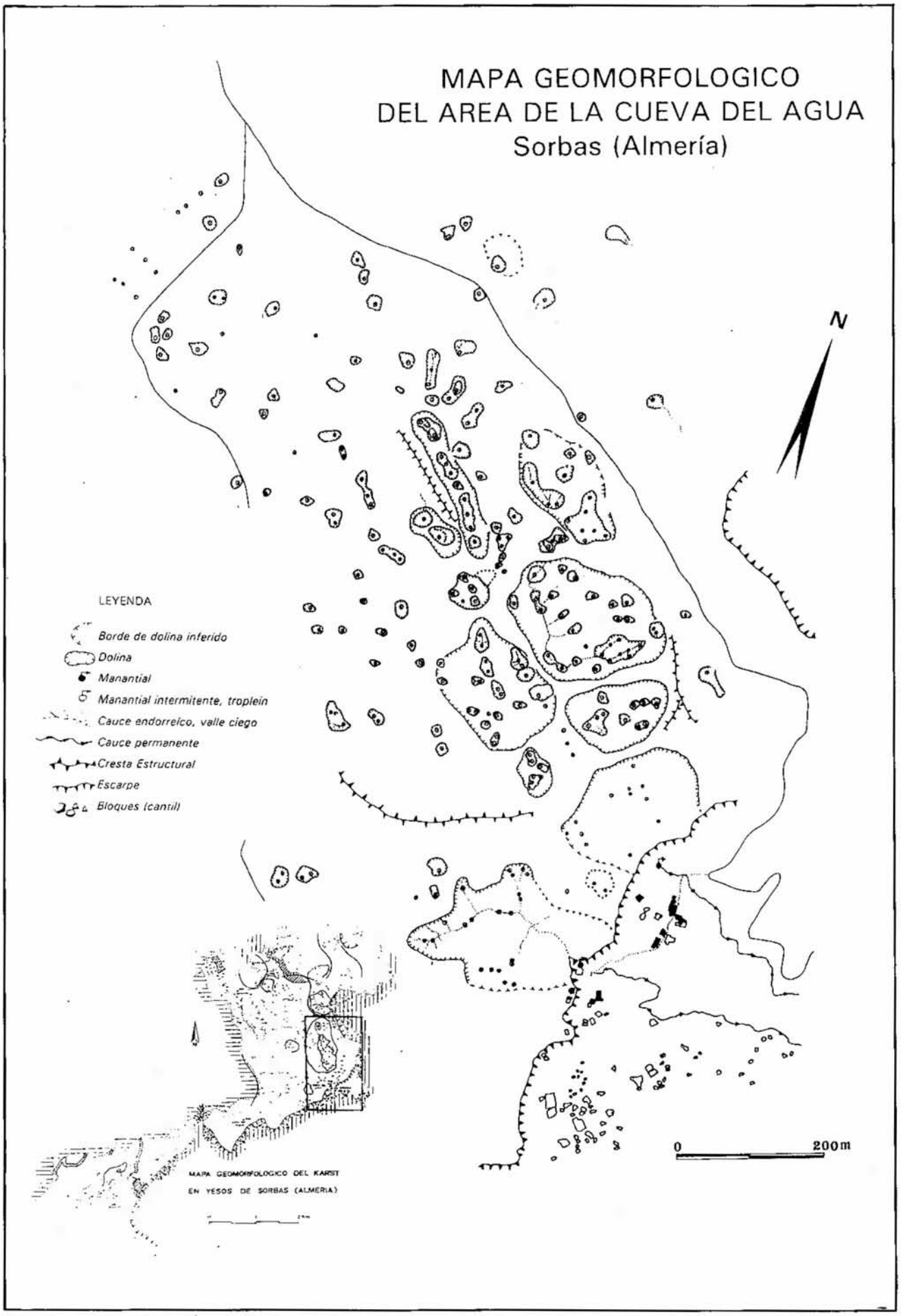

Figura 2. Esquema geomorfológico del sector de la Cueva del Agua

Galerías del tramo activo de la Cueva del Agua (Foto: A. Torres)

Dolinas de disolución de acceso al sistema de la Cueva del Agua (Foto: J. García)

De un modo simplificado y de acuerdo con el desarrollo en profundidad de la cavidad y la diferente tipología de las dolinas se han distinguido tres sectores: área de cabecera, área central y área de descarga. Estas tres denominaciones sólo hacen referencia al proceso dominante en cada una de ellas, puesto que la infiltración se produce a lo largo de toda la zona endorreica, con lo que la recarga existe a lo largo de todo el sistema, tal como demuestra la amplia distribución de dolinas y sumideros (figura 2).

Area de Cabecera. Corresponde al área más alejada del manantial de las Viñicas, donde generalmente se alcanzan cotas más elevadas. En superficie predominan las arcillas de desyesificación, ampliamente cubiertas por vegetación. Apenas existen marcas de erosión hídrica superficial, dada su topografía llana y su pequeña cuenca de drenaje.

El yeso aflora en forma de bandas alargadas tapizadas por arcilla de desyesificación. La distribución de las dolinas en este sector sigue la dirección de los estratos yesíferos aflorantes, Ello hace pensar en un control más estratigráfico que tectónico.

El tipo de dolinas características de este sector corresponde a dolinas de hundimiento (tipo C figura 3). Se desarrollan a favor de un nivel pelítico inferior, que se erosiona y provoca el descalce del nivel yesífero superior, con los consiguientes desplomes que aumentan y marcan los límites exteriores de la propia dolina. A partir de este hundimiento puede originarse una galería horizontal, apoyada en el estrato yesífero inferior con la morfología triangular típica, o bien desarrollarse verticalmente un pozo. La morfología superficial en ambos casos es bien diferente, en el primero el hundimiento muestra una semejanza con el desarrollo de la galería, con algunos puntos de entrada de agua y acumulaciones caóticas de bloques. En el segundo, la dolina tiene forma redondeada, con fuertes pendientes y ausencia casi total de bloques.

Area Central. Coincide con el área de cotas más bajas de la depresión endorreica, donde aflora mayoritariamente el paquete yesífero, con algunas intercalaciones pelíticas de 3-4 metros de espesor y acumulaciones de arcilla de desyesificación. A lo largo de este sector se alcanza la densidad más alta de sumideros y dolinas, dispuestas alineadamente siguiendo cur-

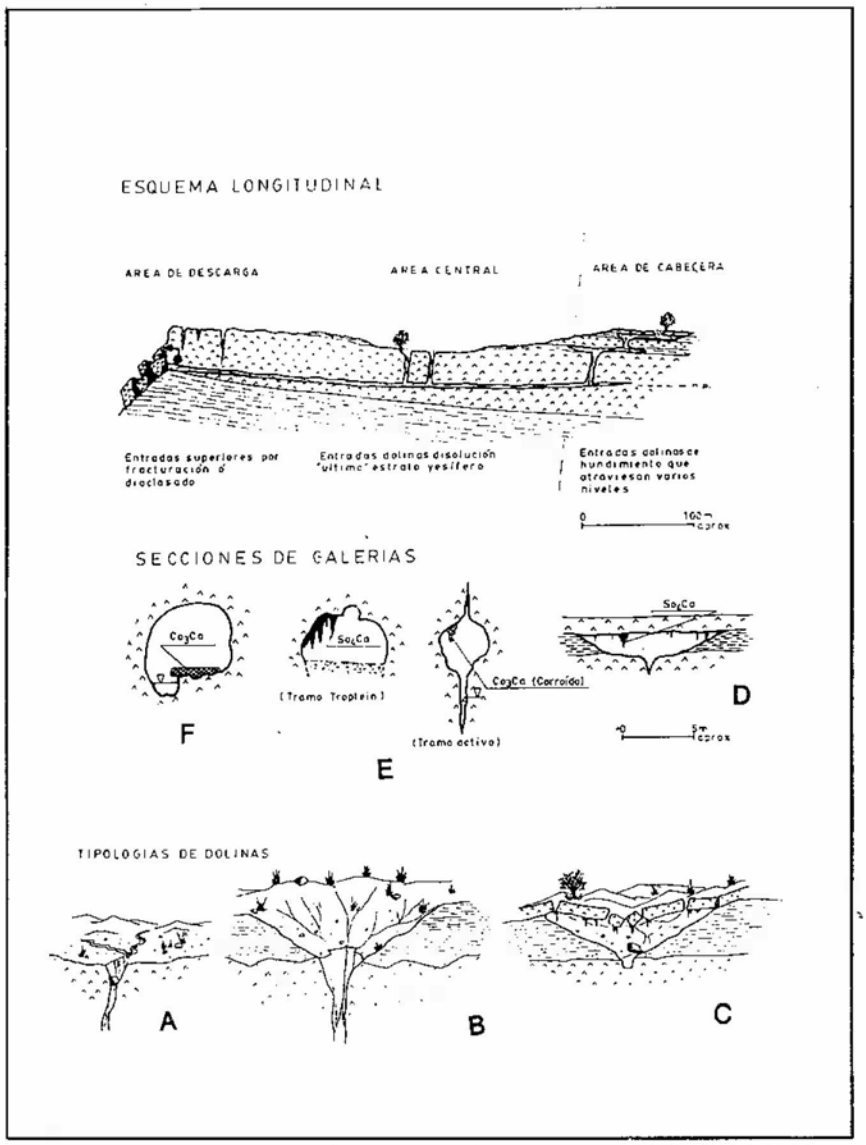

Figura 3. Tipos de dolinas y secciones de galerías en el sistema de la Cueva del Agua

sos fluviales antiguos, como consecuencia de la red de drenaje que concentra las aguas superficiales en la zona central (figura 2).

Las dolinas más características de este sector corresponden a las de disolución (tipo B, figura 3). Su morfología es muy irregular puesto que existen todos los tipos intermedios entre las que poseen un solo punto de entrada de agua y las que tienen un marcado carácter meandriforme, que evoluciona hasta alcanzar el pozo de entrada. Se distribuyen a lo largo de los sectores, donde aflora en superficie el paquete yesífero y donde aparece cubierto por niveles arcillosos con espesores de 3-4 m, ya sea de desyesificación o correspondientes a intercalaciones pelíticas colocadas "in situ". En estas zonas con importantes espesores de arcilla, son frecuentes las dolinas colmatadas de materiales limoso-arcillosos en las que se han iniciado nuevamente los hundimientos.

Area de Descarga. Coincide con la banda más próxima del escarpe donde el yeso aflora mayoritariamente en superficie, junto a algunos retazos de material arcilloso correspondiente a las intercalaciones pelíticas.

La especial situación de este área –forma un umbral entre la zona central y el escarpe del cual se halla muy próximo– ha favorecido la erosión de los depositos arcillosos, menos resistentes que el yeso. La fracturación muestra sus efectos de un modo más claro, actuando sobre la morfología de las dolinas que muestran un control netamente estructural (tipo A, figura 3). Control que se manifiesta en la propia forma de las dolinas, rectilíneas y sin apenas marcas de disolución en su superficie. En muchas ocasiones se trata de grandes diaclasas abiertas que siguen una dirección N 40 E, paralelas al escarpe yesífero.

Endokarst (Tipología de galerías)

Prácticamente la totalidad del Sistema de la Cueva del Agua se desarrolla en el primer estrato yesífero del miembro Yesares, en contacto con los niveles pelíticos impermeables infrayacentes (miembro Abad). La potencia de este estrato es del orden de unos 20 m. y está constituido por yeso selenítico cuyos cristales oscilan desde escasos centímetros hasta dimensiones métricas.

Al igual que en el estudio de las características kársticas superficiales de este sector, tratadas en el anterior apartado, hemos dividido el área de la Cueva del Agua en tres subzonas: área de cabecera, área central y área de descarga (figura 3). esta división no se realizó a priori, sino que es consecuencia de las distintas tipologías morfologicas encontradas tanto en superficie como en el interior de cavidades.

El área de cabecera es el único sector donde se atraviesan en profundidad hasta dos niveles yesíferos –y consecuentemente, dos intervalos margosos– antes de acceder al último y potente nivel yesífero que alberga el gran entramado de galerías subterráneas.

Se trata de galerías con unas características morfológicas que indican un flujo vadoso, donde las intercalaciones margosas han jugado un papel primordial. Sería lógico pensar, en un principio, que en los estratos yesíferos fuera donde se desarrollaran las galerías principales, y que los niveles margosos interestratificados supusieran un freno impermeable para el desarrollo de estas cavidades en profundidad. Sin embargo, ocurre todo lo contrario. La mayor parte de las galerías, por no decir su totalidad, se desarrollan en materiales margosos (!), mientras que los niveles yesíferos permanecen casi inalterados por la acción meteórica. Los fenómenos de disolución son prácticamente inexistentes en el sector de cabecera, mientras que los procesos erosivos son claramente dominantes. Podriamos acuñar la terminología de **"karst erosivo de interestratificación"** para esta tipología morfoló-

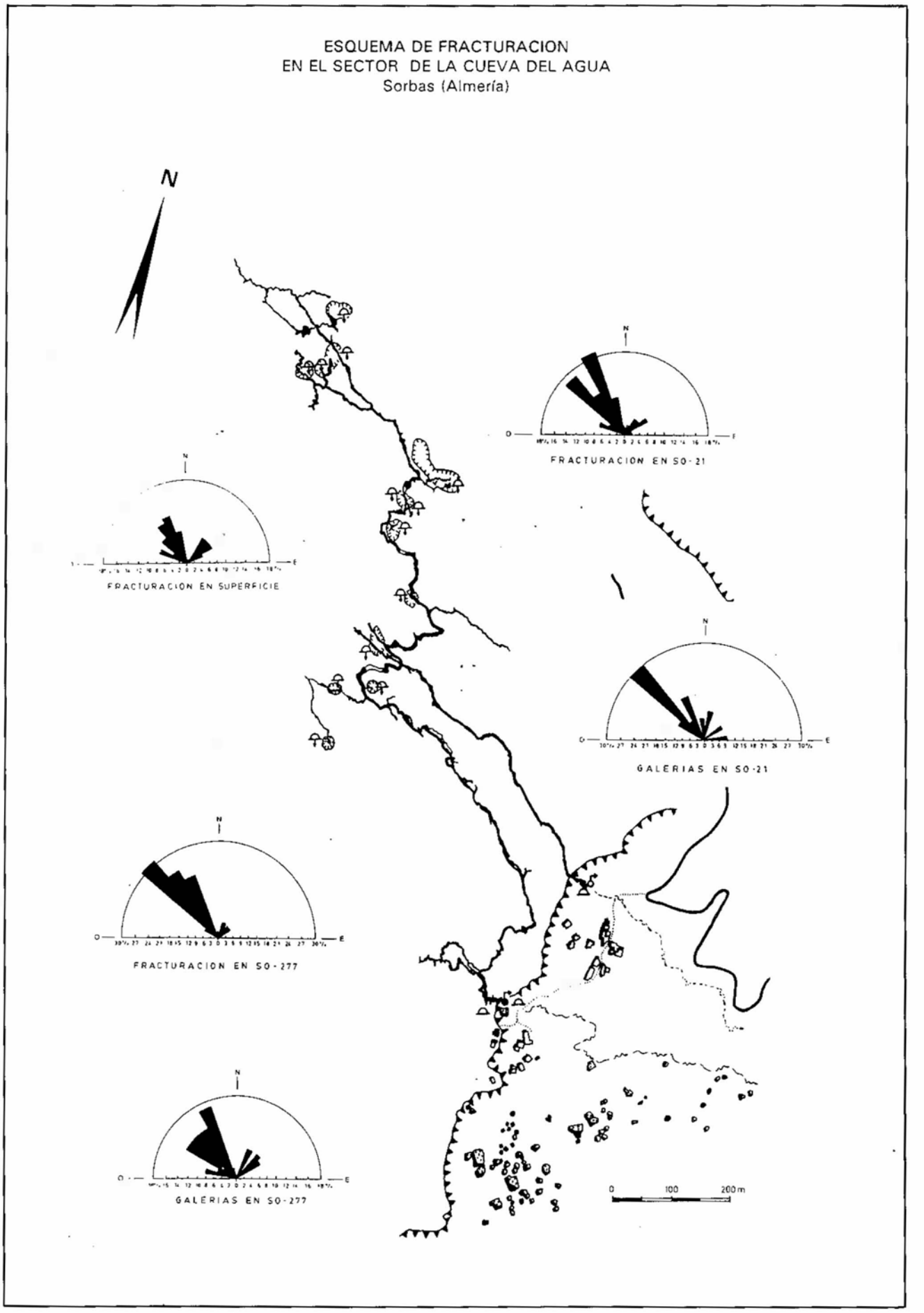

Figura 4. Esquema de fracturación en sector de la Cueva del Agua. Medidas tomadas en superficie y en el interior de cavidades

Dolinas de hundimiento del primer nivel yesífero (Foto: J.M.-Calaforra)

gica tan peculiar, que definiría los procesos allí existentes.

Las galerías presentan unas secciones triangulares típicas (tipo D, figura 3) provocadas por la erosión del material margoso interestratificado. El techo lo constituye el estrato yesífero suprayacente, donde los procesos de disolución han sido mínimos, sólo reflejados por la presencia de algunos canales de bóveda. El estrato yesífero inferior constituye la verdadera barrera "impermeable" sobre la cual se desarrolla la galería. En él aparece un pequeño curso meandriforme que nos conducirá a nivel inferiores por medio de un pozo vertical desarrollado en el estrato yesífero, y coincidente con alguna fractura importante o confluencia de éstas.

Los espeleotemas que encontramos en estas galerías son frecuentemente yesíferos. Destaca la formación de estalactitas originadas por la percolación del agua a través de pequeñas fisuras o, incluso, por los mismos planos intercristalinos del estrato yesífero superior, por ende, muy cercano a la superficie.

En el área central de la depresión de la Cueva del Agua aflora el primer y potente estrato yesífero del miembro Yesares, junto con algunos retazos de la primera intercalación margosa suprayacente.

Se accede al estrato yesífero a través de dolinas de disolución con pozos verticales que nos conducen a las galerías principales del sistema.

Hemos diferenciado dos tipologías distintas en cuanto a las secciones de las galerias en este sector. Esta diferenciación responde a la evolución de la cavidad. Existen dos grandes ramas; una de ellas presenta un flujo hídrico constante, mientras que la otra funciona a modo de tropplein (tramo S0-21) durante las grandes crecidas.

El tramo con flujo hídrico constante (tipo B, figura 3), claramente controlado por fracturas y diaclasas, presenta una morfología freática relicta, retocada posteriormente por una fase vadosa actual que ha permitido un nueva profundización de estas galerías hasta un nivel 4 ó 5 metros más bajo. Esta fase supuso el abandono del flujo, por descenso del nivel piezométrico, en el segundo tramo S0-21.

Esta hipótesis genética explica la morfología de las galerías que encontramos en el área. En el tramo hídricamente activo es frecuente observar galerías de secciones circulares con un meandro encajado en su parte central que permite el acceso a las zonas inundadas de la cavidad. En el tramo tropplein S0-21, se conserva la morfología freática, retocada por episodios quimiogenéticos posteriores que dieron lugar a la gran profusión de espeleotemas yesíferos existentes en la actualidad; En muchos sectores de estas galerías no tuvo lugar esa segunda fase de ahondamiento.

En el tramo activo los espeleotemas son escasos y en su mayoría carbonatados. Con frecuencia, están intensamente corroidos por la condensación de vapor de agua. En el tramo tropplein los espeleotemas son muy abundantes y compuestos por yeso que ha ido sustituyendo de forma paulatina a los espeleotemas carbonatados que originariamente tapizaban la galería. Esta característica diferencia claramente a ambos tramos y está basada en condicionantes evolutivos.

Por último, en el área de descarga -identificada por el manantial de Las Viñicas- el retroceso del cantil yesífero ha provocado importantes procesos graviclásticos que seccionan las galerías y quedan patentes en la cavidad por el importante caos de bloques que da acceso a su interior. La característica que consideramos más definitoria de este tramo es la presencia de importantes pavimentos calcáreos en la cavidad, junto con una ausencia total de espeleotemas yesíferos bién desarrollados en el tramo activo (tipo A, figura 3). El depósito de carbonatos ocurre allí donde el flujo hídrico es más constante, y en áreas cercanas al exterior donde las corrientes de aire y variaciones de temperatura son

Galería principal en el tramo V3-V4 (Foto: A. Torres)

más acusadas.

Control estructural

El estudio de la fracturación se llevó a cabo a partir de una serie de medidas tomadas en el campo, mediante recorridos en superficie a lo largo de toda la zona endorreica y recorridos subterráneos en el tramo activo de la Cueva del Agua y en la galería SO-21. En estos recorridos subterráneos se tomaron medidas de fracturación y de longitudes rectilíneas de galerías.

Los resultados obtenidos han sido representados en diagramas de frecuencias, sobre la planta topográfica de la cavidad, indicandose la zona de toma de datos (figura 4). Una primera visión de los gráficos refleja, en términos generales, la similitud de los resultados. Existen dos máximos muy marcados; un máximo absoluto que coincide con la dirección N 150-160 E y un máximo relativo que coincide con la N 40-50 E, de diferente magnitud según el área donde se han tomado las medidas. En suma, se llega a una clara coincidencia entre las direcciones de diaclasas y fracturas tomadas en superficie con la fracturación y direcciones principales en galerías; algo, por otro lado, totalmente previsible.

A pesar de estas semejanzas existen una serie de diferencias significativas entre los gráficos sectoriales. El diagrama que presenta los resultados obtenidos en superficie muestra una cierta igualdad entre los dos máximos. Esta importancia relativa de la dirección N 40-50 E se debe al peso que muestran las medidas efectuadas en la zona de descarga, donde esta dirección se ve favorecida por el escarpe yesífero, que mantiene la dirección N 40-50 E con algunas inflexiones N 150-160 E. La cavidad, en su tramo inicial, está claramente afectada por fracturas relacionadas con el retroceso graviclástico del cantil.

Las medidas correspondientes a los recorridos subterráneos presentan una diferencia importante entre los dos máximos. A su vez, los resultados obtenidos a partir de las galerías muestran una dispersión significativa en cuanto a la dirección N 40-50 E. En este sentido, se constata cómo la dirección predominante a lo largo de la cavidad (N 150-160 E) sufre desplazamientos dextrógiros de un modo sucesivo, motivados por la presencia de fracturas N 40-50 E. Con los datos topográficos que actualmente se poseen, la cavidad se ve desplazada del eje central de la depresión, donde la densidad de dolinas es mayor, hacia el borde Este hasta conectar con el sistema Abéjas-V3. Este desplazamiento es especialmente visible en las galerías de los tramos más próximos al manantial de Las Viñicas, esto es en las cercanías del escarpe.

BIBLIOGRAFIA

CALAFORRA, J.M. (1986) Ideas preliminares sobre el funcionamiento hídrico del karst en yesos de Sorbas (Almería). Lapiaz, 15: 16-21 p.

CALAFORRA, J.M.; DURAN, J.J.; GARCIA-SANCHEZ, J.; MONTERO, A.; SANCHEZ-GOMEZ, P.; ROBLEDO, A. (1986) El karst en yesos de Sorbas (Almería). Agencia de Medio Ambiente. Inéd. 152 p.

CALAFORRA, J.M.; PULIDO-BOSCH, A. (1987) Síntesis hidrogeológica sobre los yesos karstificados de Sorbas y su entorno (Almería, España). Geolís, 1: 37-49. Portugal.

MONTERO, A.; GARCIA-SANCHEZ, J.; SANCHEZ-MARTOS, F.; TORRES, A. (1987) El sistema de la Cueva del Agua. Ejemplo de cavidad activa en los yesos de Sorbas (Almería). Andalucía Subterránea, 7: 15- 39 pp.

PULIDO-BOSCH, A. (1982) Consideraciones hidrogeológicas sobre los yesos de Sorbas (Almería). Reunión monográfica sobre el karst- Larra 82. 257-274 pp.

PULIDO-BOSCH, A. (1986) Le karst dans les gypses de Sorbas (Almería). Aspects mophologiques et hydrogéolgiques. Karstologie. Mémoires, 1: 27-35 pp.

PULIDO-BOSCH, A.; CALAFORRA, J.M. (1986) Formas kársticas en los yesos de Sorbas (Almería). Estudios sobre Geomorfología del Sur de España, Reunión COMTAG. Univ. Murcia. 115-119 pp.■