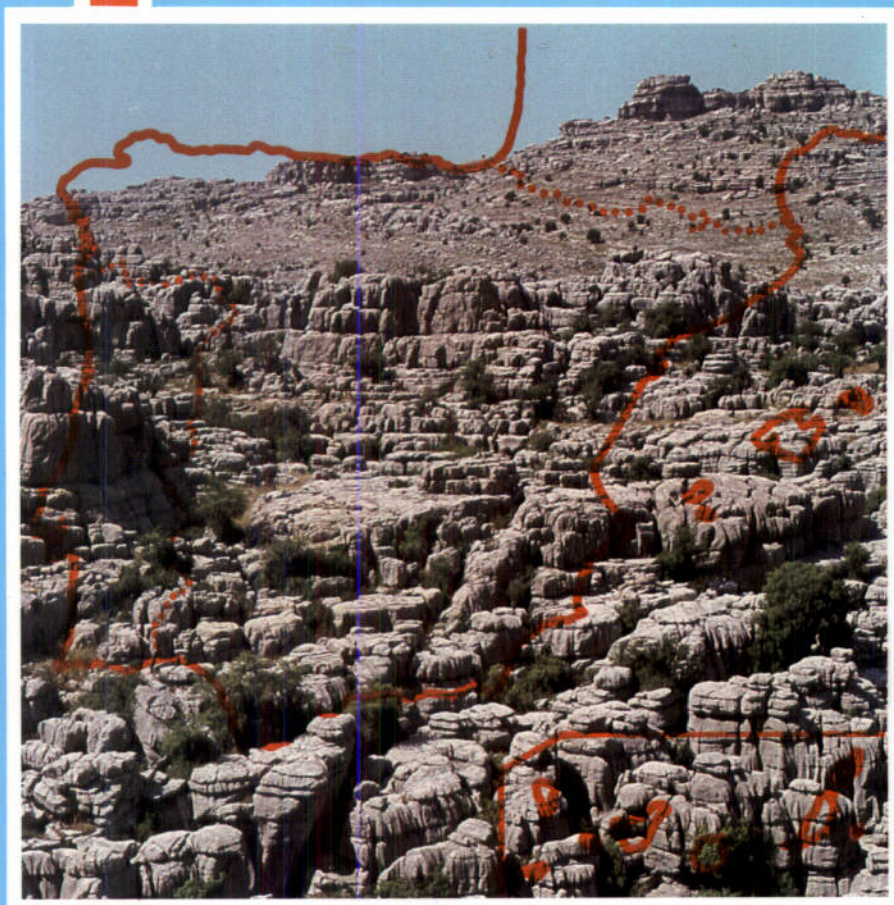


MEMORIA DEL MAPA DEL KARST DE ESPAÑA



FRANCISCO J. AYALA CARCEDO
JOSE M.º RODRIGUEZ ORTIZ
JOAQUIN DEL VAL MELUS
JUAN J. DURAN VALSERO
CARLOS PRIETO ALCOLEA
JESUS RUBIO AMO



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

00938

MEMORIA DEL MAPA DEL KARST DE ESPAÑA

F. J. AYALA CARCEDO

Ingeniero de Minas
Jefe de la División de Geotecnia, IGME

J. M.ª RODRIGUEZ ORTIZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Catedrático de Geotecnia y Cimientos de la
Universidad Politécnica de Madrid
Director de Equipo de Asistencia Técnica, S. A.

C. PRIETO ALCOLEA

Licenciado en Geología.
Jefe de la División de Geología de E.A.T.S.A.

J. J. DURAN VALSERO

Licenciado en Geología.
División de Geotecnia, IGME.

J. DEL VAL MELUS

Licenciado en Geología.
División de Geotecnia, IGME.

J. RUBIO AMO

Licenciado en Geología.
División de Geotecnia, E.A.T.S.A.

Madrid, 1986



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

© INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Reprograficas Almansa, s.a.
Telfs.- 254 28 01/02/03
c/Almansa,33 - 28039-MADRID

FOTO PORTADA : TORCAL DE ANTEQUERA

In memoriam:

A José María Gutierrez Romero, Espeleólogo
A Noel Llopis Lladó, Geólogo

INDICE

1. INTRODUCCION	7
2. METODOLOGIA EMPLEADA	7
3. EL KARST EN ESPAÑA	8
3.1. Introducción	8
3.1.1. La Cordillera Cantábrica	8
3.2.1. a 2. Geología	8
3.2.1. a 3. Manifestaciones kársticas	11
3.2.1. a 4. Bibliografía	13
3.2.1. b 2. Geología	14
3.2.1. b 3. Manifestaciones kársticas	14
3.2.1. b 4. Bibliografía	19
3.2.2. El Pirineo	19
3.2.2.1. Geología	19
3.2.2.2. Manifestaciones kársticas	19
3.2.2.3. Bibliografía	27
3.2.3. Cordilleras costero-catalanas	27
3.2.3.1. Introducción	27
3.2.3.2. Geología	30
3.2.3.3. Manifestaciones kársticas	30
3.2.3.4. Bibliografía	30
3.2.4. Depresión del Ebro	30
3.2.4.1. Introducción	30
3.2.4.2. Geología	31
3.2.4.3. Manifestaciones kársticas	31
3.2.4.4. Bibliografía	34
3.2.5. Cordillera Ibérica	34
3.2.5.1. Introducción	34
3.2.5.2. Geología	34
3.2.5.3. Manifestaciones kársticas	34
3.2.5.4. Edad de la karstificación	39
3.2.5.5. Bibliografía	39
3.2.6. Depresiones del Tajo y del Duero	39
3.2.6.1. Introducción	39
3.2.6.2. Geología	41
3.2.6.3. Manifestaciones kársticas	41
3.2.6.4. Bibliografía	41
3.2.7. El macizo hespérico y zonas adyacentes	41
3.2.7.1. Introducción	41
3.2.7.2. Geología	41
3.2.7.3. Manifestaciones kársticas	41
3.2.8. El karst en las islas Baleares	42
3.2.8.1. Introducción	42

3.2.8.2.	Geología	42
3.2.8.3.	Manifestaciones kársticas	44
3.2.8.4.	Edad de la karstificación	46
3.2.9.	El karst en las Cordilleras Béticas	47
3.2.9.1.	Introducción	47
3.2.9.2.	Geología	47
3.2.9.3.	Manifestaciones kársticas	48
3.2.9.4.	Edad de la karstificación	55
3.2.9.5.	Algunas consideraciones hidrogeológicas del karst en las Cordilleras Béticas	57
3.2.9.6.	Bibliografía	57
3.2.10.	Las cavidades lávicas de las Islas Canarias	58
3.2.10.1.	Introducción geológica	58
3.2.10.2.	Principales cavidades lávicas	58
3.2.10.3.	Características y mecanismos de formación de las cavidades lávicas	59
3.2.10.4.	Bibliografía	60
4.	GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TERMINOS KARSTICOS	60
5.	AGRADECIMIENTOS	62
6.	BIBLIOGRAFIA GENERAL	63

1. INTRODUCCION

Según Llopis (1970), refiriéndose a la posibilidad de confeccionar una cartografía como la que aquí se presenta, «la más importante dificultad es la falta de datos para realizar todavía lo que podríamos llamar *El Mapa del Karst de España*; más que falta de datos, sobre todo de datos heterogéneos».

Han pasado desde entonces más de quince años y parece el momento adecuado para sintetizar la abundante información dispersa existente sobre karst en un único documento cartográfico a escala nacional.

Otros países ya acometieron hace algún tiempo la realización de este tipo de mapas, así como síntesis generales de fenómenos kársticos existentes (ver, por ejemplo, «Karst: Important Karst Regions of Northern Hemisphere», editado por Elsevier en 1972).

En España, el karst ocupa un lugar destaca geomorfológica e hidrogeológicamente, justificándose con amplitud el término de «España kárstica» (Llopis, 1970), utilizado para designar una gran parte de la superficie peninsular donde afloran rocas carbonatadas karstificables. Teniendo en cuenta, además, que los afloramientos yesíferos ocupan aquí una gran extensión y si añadimos otro tipo de rocas solubles menos abundantes (rocas detríticas carbonatadas y sales sódicas y potásicas, fundamentalmente), es clara la importancia en cuanto a la extensión y variedad de la fenomenología kárstica en nuestro país: se conocen más de diez mil cavidades subterráneas de cierta envergadura (entre las que se incluyen las cavidades lávicas, no kársticas, de las islas Canarias), muchos de los grandes ríos tienen su origen en manantiales kársticos y gran parte de los acuíferos subterráneos que abastecen a la pobla-

ción, agricultura y ganadería son de esta naturaleza.

Con todo lo dicho, queda justificada la necesidad del Mapa del Karst de España.

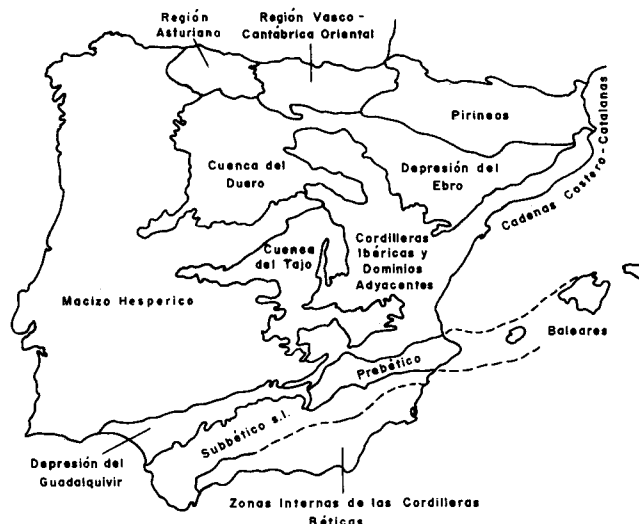
2. METODOLOGIA EMPLEADA

Para la confección del mapa del karst se realizó una primera selección, a partir de todos los mapas de síntesis geológica a escala 1:200.000 del I.G.M.E. (publicados entre 1970 y 1973) de todos los afloramientos potencialmente karstificables existentes en nuestro país, componiendo así un primer mapa de aproximación de materiales karstificables existentes, ya fueran carbonatados, yesíferos, detríticos (sólo de los que teníamos evidencia de su karstificación) o mixtos. Para Canarias, donde no existen materiales karstificables, aunque sí presencia de cavidades, nos ha parecido interesante considerar las formaciones volcánicas con cavidades; para ello se utilizaron las síntesis geológicas 1:100.000 publicadas en 1968 por el I.G.M.E. y el C.S.I.C. conjuntamente.

A partir de este primer esbozo fuimos realizando sucesivas correcciones con los datos del «Mapa geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias», a escala 1:1.000.000 (I.G.M.E. - 1980), del «Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los mantos acuíferos de la España Peninsular, Baleares y Canarias», de la misma escala (I.G.M.E. - 1972) y del «Mapa Hidrogeológico», también de la misma escala, aún en fase de realización por el I.G.M.E.

Posteriormente hemos ido haciendo cada vez aproximaciones más detalladas en ciertas zonas, a partir de mapas hidrogeológicos, geo-

PRINCIPALES UNIDADES ESTRUCTURALES DE LA PENINSULA IBERICA Y BALEARES



morfológicos y geológicos (serie Magna), con escalas de trabajo diferentes, que han ido desde 1:50.000 hasta 1:400.000.

La información espeleológica básica ha sido el catálogo de grandes cavidades de España (publicado por la Federación Española de Espeleología en 1982); se ha completado con otros catálogos regionales y provinciales, así como con información suministrada por distintos grupos espeleológicos y la directamente conocida por los autores.

La escala elegida (1:1.000.000) se ha considerado apropiada por la manejabilidad del documento generado, así como por la posibilidad de correlación con otras cartografías nacionales ya existentes.

En cuanto a la leyenda utilizada en el Mapa, es preciso hacer algunas observaciones. Sobre una base litológica simplificada (con cierto componente estratigráfico y tectónico) se han superpuesto los signos puntuales geomorfológicos, espeleológicos e hidrogeológicos de mayor interés, representables a esta escala. Además, se han caracterizado las diferentes formaciones con diversos grados de intensidad de karstificación, siguiendo un criterio cualitativo que, no obstante, se ha podido comprobar posee implicaciones de carácter cuantitativo.

3. EL KARST EN ESPAÑA

3.1. Introducción

Lo que hemos llamado anteriormente «España kárstica» corresponde, fundamentalmente, a las cadenas montañosas que bordean el Macizo Hespérico, es decir las Cordilleras Cantábricas, Pirenaica, Costero Catalana, Ibérica y Béticas, así como el archipiélago balear. Los fenómenos kársticos en el interior del Macizo son escasos y muy aislados. También las Cuencas terciarias del Duero, Tajo y Ebro, así como las depresiones intramontañosas de las Cordilleras Béticas, son asiento de numerosas manifestaciones kársticas, sobre todo en materiales yesíferos.

En base a esta repartición, se han considerado las siguientes regiones kársticas:

- 1ª Cordillera Cantábrica, a su vez dividida en:
 - a) Sector occidental, o región asturiana
 - b) Sector oriental, o región vasco-cantábrica
- 2ª Pirineos
- 3ª Cordillera Costero Catalana
- 4ª Depresión del Ebro
- 5ª Cordillera Ibérica
- 6ª Depresiones del Tajo y Duero
- 7ª Macizo Hespérico y áreas adyacentes
- 8ª Baleares
- 9ª Cordilleras Béticas
- 10ª Cavidades lávicas de las islas Canarias.

3.1.1. La Cordillera Cantábrica

3.1.1.1. Introducción

Estructuralmente la Cordillera Cantábrica, lo mismo que desde el punto de vista geográfico, es una unidad continua que se extiende desde Lugo hasta Guipúzcoa; sin embargo, desde el punto de vista sedimentario y estructural la mitad occidental hasta los Picos de Europa, inclusive, corresponde al zócalo hercínico sobreelevado, en tanto que en la mitad oriental los afloramientos corresponden a materiales fundamentalmente mesozoicos y paleógenos. El distinto comportamiento de unos y otros frente al fenómeno kárstico ha hecho aconsejable su descripción por separado.

a) Sector occidental de la Cordillera Cantábrica (región asturiana)

3.2.1. a 2. Geología

Enclavada en el borde septentrional de la Península Ibérica, la región asturiana limita al Oeste con la zona geológica astur-occidental leonesa (según Lotze, 1945), al Este con la cuenca sedimentaria de Santander, al Sur limita con los depósitos de la cuenca del Duero, mientras que por el Norte lo hace con el mar Cantábrico.

Una característica geoestructural distintiva y muy marcada de esta región es el trazado arqueado que describen las distintas estructuras correspondientes a los conjuntos paleozoicos.

La zona cantábrica propiamente dicha forma el núcleo del arco que describen las diferentes estructuras hercínicas del Macizo Ibérico, y dentro de ella pueden distinguirse una serie de áreas o conjuntos con características paleogeográficas, tectónicas y estratigráficas diferentes.

Desde un punto de vista tectónico, y siguiendo una descripción de Oeste a Este, la zona Cantábrica occidental puede dividirse en las siguientes regiones: Región de Pliegues y Mantos, Cuenca Carbonífera Central, Región de los Picos de Europa y Región del Pisuerga-Carrión, situada al sur de los Picos de Europa.

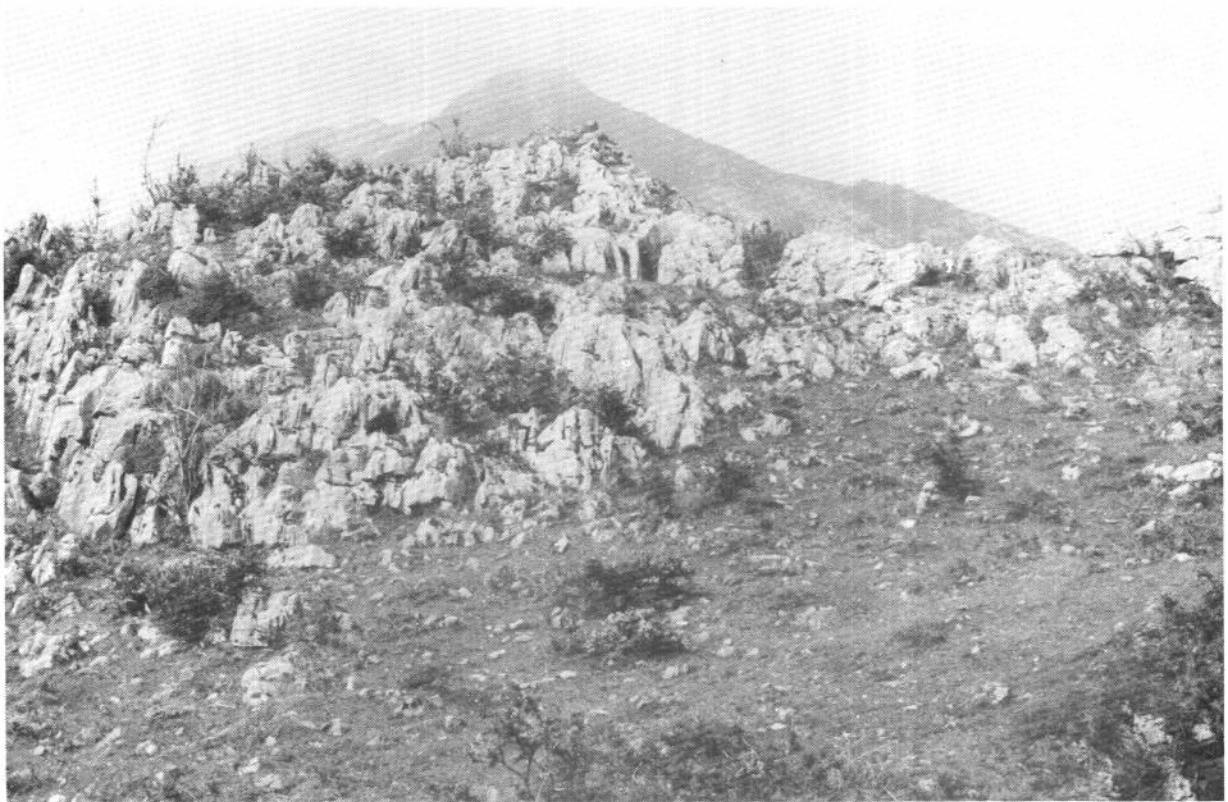
Al norte de las distintas regiones mencionadas se dispone una cobertura mesozoica y terciaria, en general de carácter terrígeno y carbonatado, que oculta y enmascara en buena parte los materiales paleozoicos de las distintas regiones mencionadas.

La región de Pliegues y Mantos, la más occidental de las consideradas, está compuesta mayoritariamente por areniscas ferruginosas, calizas arrecifales, margas y pizarras.

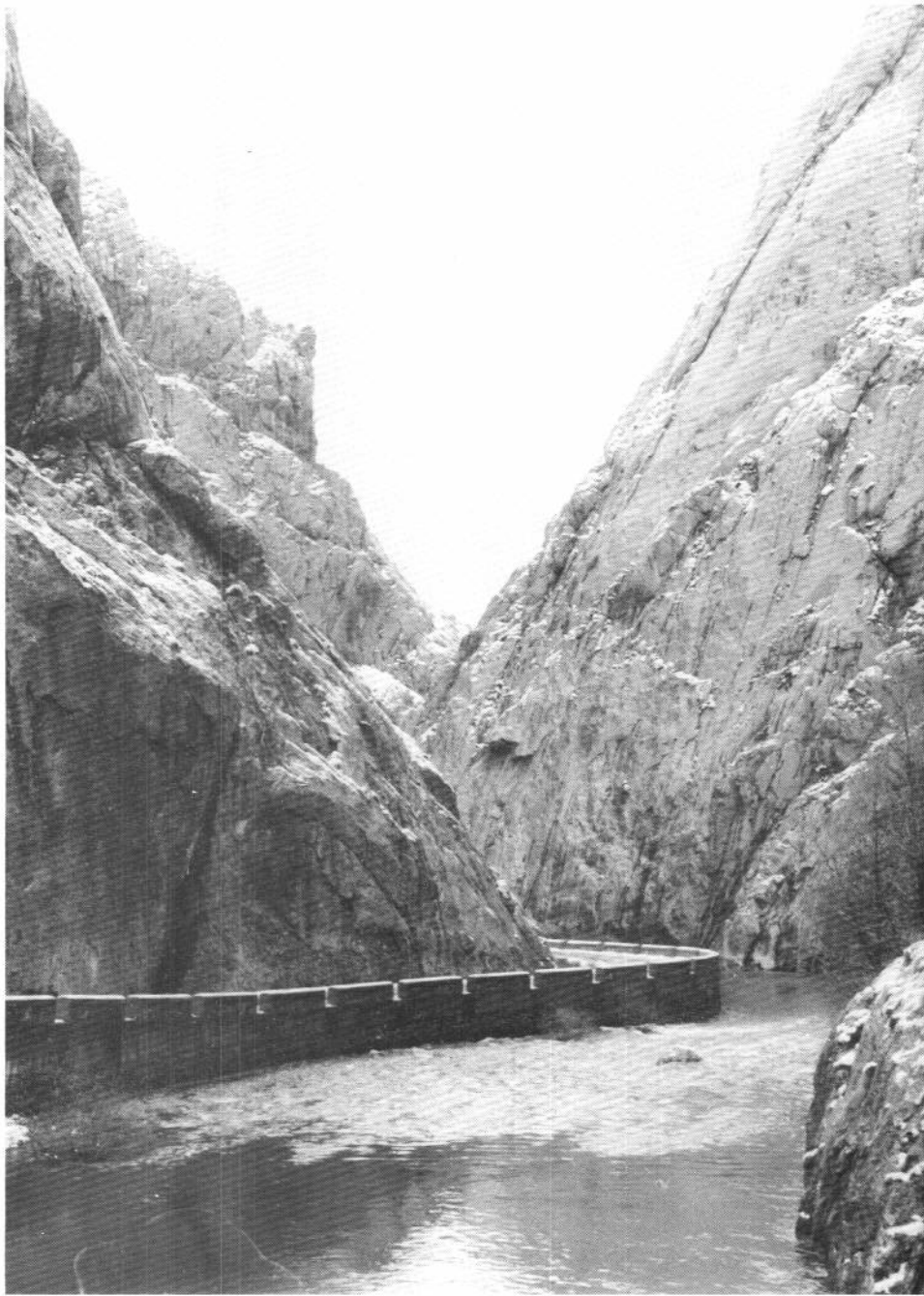
Las características distintivas de esta región son, por un lado, la presencia de mantos de co-



Dolinas en el alto de Tornería (Asturias).



Lapiáz en el macizo del Suevo (Asturias).



Río Torio, formando las hoces de Vegacervera (León).

rrimiento gravitacionales, cuyos desplazamientos en líneas generales abarcan desde el NW y SW al NE y SE; por otra parte, la existencia de ventanas tectónicas y escamas desarraigadas de sus áreas de origen, se pueden interpretar como resultado de unas estructuras primarias tangenciales que posteriormente han sufrido una serie de empujes tectónicos, y cuyo reflejo ha sido la formación de pliegues de planos axiales próximos a la vertical, así como la existencia de frecuentes figuras de interferencia.

Los mantos y escamas gravitacionales se originaron por un despegue general de los materiales paleozoicos a partir de la formación carbonatada del Cámbrico inferior y medio, aunque existen también otros niveles de despegue de menos entidad.

Los materiales susceptibles de sufrir procesos kársticos en esta región constituyen el 45 por 100 del conjunto y son principalmente las calizas arrecifales, calizas y en menor grado los tramos dolomíticos, dispuestos generalmente en los flancos de los pliegues mayores y en las escamas cabalgantes sobre las series más modernas.

La Región de la Cuenca Carbonífera Central está compuesta por pizarras, areniscas y algún banco calizo. Estos materiales han sufrido una tectonización intensa con áreas fuertemente falladas y pliegues de plano axial subvertical.

Esta región posee un gran interés económico debido a la presencia de capas de carbón explotables interestratificadas entre los paquetes de pizarras y areniscas, pero al no existir materiales karstificables, carece de interés desde este punto de vista.

La Región de Mantos, situada al este de la Cuenca Carbonífera Central, viene caracterizada por la gran abundancia de cabalgamientos y mantos de corrimientos, así como frecuentes fallas que complican extraordinariamente la estructura regional.

Los materiales representados en esta región son: cuarcitas, areniscas, pizarras y calizas. Estas últimas son las únicas masas rocosas susceptibles de sufrir procesos de karstificación apreciable, representando únicamente el 20 por 100 del total de los materiales.

La Región de los Picos de Europa es la más interesante de todas las consideradas, desde el punto de vista de desarrollo de karst.

Esta constituida prácticamente en su totalidad por caliza de montaña en secuencias repetidas, debido a la existencia de cabalgamientos apilados unos encima de otros, lo que hace aumentar el espesor de la serie de unos 1.000 m originariamente, a unos 4.500 m.

Esta región da lugar a los procesos y formas kársticas más desarrollados de toda la zona cantábrica.

La Región del Pisuega-Carrión, situada al sur de los Picos de Europa, está formada por esquistos, calcoesquistos, cuarcitas, pizarras y conglomerados que no originan procesos kársticos debido a la propia naturaleza de sus materiales, salvo los depósitos carbonatados del Carbonífero inferior.

Finalmente, los depósitos mesozoicos y terciarios de naturaleza carbonatada no dan origen en general a formas exokársticas ni endokársticas y se tratarán en el apartado correspondiente.

3.2.1. a 3. Manifestaciones kársticas

Región de Pliegues y Mantos

En primer lugar, destaca por su importancia el macizo kárstico de Aramo, situado en el borde oriental de la región, en donde existen indicios de labores de explotación de cobre de origen kárstico desde tiempos de los romanos. Esta mineralización se encaja en la caliza de montaña, en relación con la falla de Aramo. Otra mineralización, en este caso de hierro, cuyo origen debe buscarse en una deposición primaria en una paleokarst de edad intranamuriense, se localiza en la caliza de montaña cerca de Somiedo. Destaca el papel del karst como área de depósito inicial. Posteriormente se produce una movilización metasomática local que da origen a una concentración dentro de la masa primitiva. El drenaje interno da lugar a manantiales de descarga entre los cuales merecen destacarse el Code con 1.000 l/seg en puntas y 60-100 l/seg en estiaje; el Llano, con caudales punta de 500 l/seg y 20-50 l/seg en estiaje, y el manantial de Rioseco (que drena una antigua mina) con 300 l/seg en punta y 10-15 l/seg en estiaje.

Al este del macizo de Aramo, en el entorno del pueblo de Proaza, el río Trubia se encaja en un cañón kárstico, dando lugar al desfiladero de las Xanas y al de Piedras Juntas, ambos entallados en calizas de edad Devónico-Carbonífera, con desniveles que alcanzan hasta los 800 m en algunas áreas.

Más al este, cabe destacar las cuevas de Wueca y Fresnedo, las más importantes del área, disponiéndose en materiales Devónico-Carboníferos calcáreos, así como la cueva de Vegalonga, con desarrollo cercano a los 5.000 m, situada al noroeste de las anteriores.

El drenaje principal de este área lo constituye el manantial de Fresnedo, con caudales de 300 a 400 l/seg en estiaje.

Al norte de la provincia de León, dentro de la formación citada, merece destacarse por su grandiosidad y belleza la cueva de Valporqueiro, con una gran variedad de formas endokársticas y un desarrollo medido hasta ahora de 2.475 m.

Se encuentra abierta al público, dado su evidente interés turístico.

Otras formas kársticas importantes en el entorno de la cueva del Valporquero son las hoces de Valdeteja y Vegacerdera, situados en los términos municipales del mismo nombre, que cortan la formación calcárea, Devónico-Carbonífera de Somiedo-Correcilla.

Región de Mantos

Localizada entre la Cuenca Central Asturiana y los Picos de Europa, está formada la región por una serie de bandas de reducida extensión relativa, de caliza de montaña y caliza masiva, con una estructura de escamas y cabalgamientos.

El drenaje principal de esta región lo constituye el río Nalón, no presentando, en principio, abundantes fenómenos kársticos.

Región de los Picos de Europa

Como ya se han comentado anteriormente, constituye la región más importante desde el punto de vista de procesos y fenómenos kársticos.

Está constituida por una potente serie de caliza de montaña apiladas en escamas con planos de cabalgamiento muy buzantes y casi paralelos a la estratificación, lo que hace muy difícil diferenciarlos si no existe un nivel guía como es la caliza Griotte.

La Región de Picos de Europa está constituida a su vez por tres grandes macizos: el occidental o del Cornión separado del Central o de los Urrieles por el río Cares, y el oriental, cuyo límite viene marcado por el río Deva. El macizo con procesos kársticos más destacados es, sin duda, el macizo occidental, en donde a partir de los 1.500 m de altitud se presenta un terreno denudado con numerosos lapiaces y jous, así como picos calizos enhiestos de gran belleza. Las formas exokársticas más espectaculares son las gargantas y jous, que son anteriores a las distintas fases glaciales que han remodelado estas formas dando origen a una morfología mixta de tipo kárstico, glacial y fluvial.

Dentro de las formas exokársticas presentes merece destacarse por su espectacularidad la garganta del Cares, así como el desfiladero de los Beyos y el de la Hermida, que entallan la caliza de montaña por medio de diversos ríos alóctonos, como son el Cares, el Sella y el Deva. En algunos puntos estas gargantas presentan desniveles de hasta 700-800 m.

Por otra parte, deben citarse los lagos de Covadonga (lago Enol, lago de Ercina), con morfología kárstica en combinación con procesos fluvio-glaciares posteriores, que han dado ori-

gen a una morfología característica de este área.

Dentro de las formas endokársticas de la región existen numerosas cuevas y simas de importante desarrollo, entre las cuales merecen destacarse las siguientes:

- Pozo de los Agustinos, con profundidad de —425 m y una vertical absoluta de —118 m.
- Sistema de las Barrastrosas, situado en el macizo occidental con profundidad de —315 m y verticales de —90 y —100 m.
- Cueva de la Bruja, situada en el borde oriental de los Picos de Europa, se ha explorado en la actualidad en algo más de 1 km sin haberse reconocido la cueva en su totalidad.
- Sima de Cabeza Muxa, ubicada en el macizo occidental, se ha llegado hasta la actualidad a una profundidad de —536 m.
- Pozo Cebollada, destacan varios ramales, el más profundo de los cuales llega a —580 m de profundidad.
- Sima de Cembaviella. Se dispone su embocadura en el macizo occidental, alcanzándose en 1981 la cota de —550 m desde la entrada.
- Sima de los Desvios. Dispuesta en el borde occidental se consiguen los —300 m de profundidad en 1975.
- Cueva del Fresnedo (Cueva Huerta), localizada en el pueblo del mismo nombre y conocida desde antiguo, se explora y cartografía en 1973, sin disponer aún de resultados definitivos.
- Red de Jayau. Conecta en profundidad la sima del Jayau con la Cueva Noruega, alcanzándose la cota —295 m en 1978.
- Torca Juanín, localizada en Oceño, se llega en 1978 a —333 m de cota.
- Sima del Llagu de las Monietas. Situada en el valle de las Monietas (macizo occidental), se han alcanzado los —680 m de profundidad en 1980.
- Sima de la Porra Altiguera. Situada en Vegarredonda en el macizo occidental, se ha llegado en 1978 a una profundidad de —416 m.
- Sistema Prado de la Fuente-Gorritos. Localizado en el circo de Ozania, destaca una red de galerías, con un desarrollo de más de 3.500 m y una profundidad de —657 m.
- Sima Toni. Situada en Vegarredonda, se explora durante 1980 y 1981, llegándose hasta los —302 m de profundidad en uno de los meandros de la cavidad.

- Sima de la Torre de los Traviesos. Localizada también en Vegarredonda, se ha llegado hasta los —330 m de profundidad en 1975.
- Pozo Tras la Hayada. Situada en Vega de Ario, destaca en éste una vertical absoluta de —306 m que es la 2.^a de España, estableciéndose un desnivel total de —313 m en 1980.
- Torca de Urriello. Se localiza en el Naranjo de Bulnes, alcanzándose una cota de —820 m en 1981 con posibilidades de continuación, siendo una de las más profundas de la región.
- Pozo del Xitu. Situado en el macizo occidental, en donde en 1981 se llega a una cota de —1.139 m, que es la mayor profundidad alcanzaba en la región de Picos de Europa.

En el sector central de los Picos de Europa y desarrolladas en calizas de montaña, destacan las simas siguientes: Jou de Lloroza, con profundidad de —544 m y Torre de Altaiz (—345 m).

En el macizo oriental destacan las simas siguientes: Mazarrosa, con —318 m; Boulderosa, de —313 m de desnivel; Torca de Labarga (—316 m); Sima 56, con —550 m; Sima Sara (—635 m); Florero (—720 m); Tere, con desniveles de —792 m, es la más importante del macizo.

La cueva más importante es la Cueva del Agua, con un desarrollo de unos 10.000 m.

Por otra parte, al norte de los Picos de Europa, cuyo límite septentrional viene marcado por el río Cares, destaca la Sierra de Cuera o del Cuera, con importantes fenómenos kársticos, como el polje de la Yosa de Viango, con 4.000 m de longitud, y el polje de El Naranjón, con 1.000 m de longitud, con el fondo sembrado de dolinas y rellenos arcillosos.

El macizo de El Mazucu destaca por presentar lapiares superficiales de gran desarrollo, así como frecuentes surgencias de caudales importantes, como son los manantiales de Debades, con caudales medios de unso 500 l/seg, Hoyo del Río (300 l/seg), que da origen al nacimiento del río Purón. Manantial de la Borbolla (240 l/seg) (nacimiento del río Cabra), manantial de Calduenín (150 l/seg), etc.

Merece destacarse el polje del Mazucu, con longitudes aproximadas de 1,6 km y profundidades de unos 100 m.

El complejo Vieya-Los Quesos, que alcanza los 7.500 m de desarrollo, topografiados hasta 1981, se localiza en el entorno de Carreña-Cabrales y debe su nombre a que algunas de sus bocas fueron utilizadas para guardar quesos.

El complejo kárstico del Carmen, dispuesto al noroeste de la Sierra del Cuera, en los afloramientos costeros de la caliza de montaña, presenta surgencias vertientes a los ríos Sella y

Nueva, así como algunos manantiales, que vierten directamente al mar.

Dentro de este complejo, cerca de Ribadesella, se dispone la cueva de Tito Bustillo, de interés turístico, por sus bellas formas endokársticas.

En el entorno de la desembocadura del río Cabra se sitúa la Cueva de la Franca, considerada así mismo de interés turístico.

Dentro de la cobertura mesozoica y terciaria, dispuesta al norte de las distintas regiones del área cantábrica occidental, no existen en principio grandes cavidades, como en las regiones mencionadas anteriormente. Aunque existe una karstificación incipiente, ésta no progresa a grandes profundidades, debido a la existencia de niveles en general impermeables, que originan pequeños conductos laterales, que quedan cortados al producirse la imbricación de las distintas formaciones entre sí.

Dentro de estos materiales mesozoicos los únicos susceptibles de producir karstificación son los depósitos liásicos y aún éstos quedan reducidos a los niveles carbonatados que presentan escaso espesor al quedar confinados por niveles margosos impermeables.

Región de Pisuegra-Carrión

En el macizo de Espiguete desarrollada sobre calizas del Carbonífero inferior destaca la sima del Anillo con —304 m de profundidad.

En la zona del Valle de Redondos, que recorre el alto Pisuegra, destaca la Cueva del Cobre desarrollada a partir del contacto de las calizas del carbonífero con una serie arenisco-pizarrosa.

En ambas zonas, además del modelado kárstico presentan a su vez un importante modelado glaciar.

3.2.1. a 4. *Bibliografía*

ALCALDE CRESPO, G. *et al.* (1983): Estudio monográfico sobre el espacio natural de «El valle de Redondos y la Cueva del Cobre (Palencia). Equipo de investigadores speleoetnográficos palentino. Palencia.

BASTIDA, F. *et al.* (1984): Geometría y evolución del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO. España) Boletín IGME, T XCV pp. 3 - 25.

GARCIA IGLESIAS, J. y LOREDO PEREZ, J. (1979): Contribución al estudio metalogénico del yacimiento «Mina Carmina», San Martín de Oscos (Asturias). Boletín IGME, T XC, pp. 46-51.

GUTIERREZ CLAVEROL, M. (1974): Estratigrafía del Cretácico en el sector de Llanera (depresión mesoterciaria central de Asturias) Boletín IGME, T LXXXV, pp. 1-9.

MARTINEZ ALVAREZ, J.A. (1975): Consideraciones sobre el carácter de los cabalgamientos del Arco Medio de la «Rodilla Astúrica» (Norte de España). Boletín IGME, T LXXXVI, pp. 1-6.

MARTINEZ ALVAREZ, J.A. (1975): Estudio de las mineralizaciones del Lago «La Cueva», en la región de los Lagos de

b) *Sector oriental de la Cordillera Cantábrica y Cordillera Vasco-Pirenaica (región vascocantábrica)*

3.2.1. b 2. Geología

Bajo esta denominación incluimos el Sector Oriental de la Cordillera Cantábrica, constituido por grandes espesores de cobertera fundamentalmente mesozoicos, ocupando una parte importante de la provincia de Santander y N. de la de Burgos, así como el área mesozoica del País Vasco, constituyendo en conjunto la terminación occidental del Pirineo. Sus límites, por tanto, son: al O. los materiales paleozoicos de la zona cantábrica del macizo ibérico, al S. los terciarios de las cuencas del Duero y Ebro y al E. los macizos paleozoicos de Quinto Real y Cinco Villas, incluyendo la unidad kárstica de la Sierra de Aralar.

3.2.1. b 3. Manifestaciones kársticas

De O. a E. las zonas kársticas más importantes que encontramos son: zona del sinclinal de monte Barbecha, regiones de Asón y Matienzo (provincia de Santander), zona de Carranza-Jorrios (provincias de Vizcaya y Santander); zona de Itxina-Gorbea (S. de Vizcaya y N. de Alava), zona de Macizo de Ereñozar-Pagoeta (N. de Guipúzcoa y Vizcaya), región valle de Aránzazu-Macizo de Aramotz (S. de Guipúzcoa y Vizcaya y NE. de Alava) y Sierra de Aralar (SE. de Guipúzcoa y Navarra).

Por último, incluimos una amplia región, a la que denominamos Sector Meridional, que corresponde a las estribaciones Sur de este sector de la Cantábrica, extendiéndose por una gran parte del N. de Burgos, Alava y llegando a adentrarse en el S. de Santander y NE. de Palencia. Es en este sector donde se encuentra el complejo kárstico de Ojo Guareña, el de más desarrollo de la Península Ibérica, y uno de los mayores del mundo, con más de 80 km de galerías topografiadas.

Zona del Sinclinal del Monte Barbecha

Situada al O. de la provincia de Santander, en la zona costera, la karstificación se desarrolla sobre el complejo urgoniano, que reposa sobre las areniscas y arcillas arenosas de facies Weald.

La fracturación presenta dos direcciones, NE-SO, y NNE-SSO., donde se alinean las dolinas y el polje de la Busta.

La capa principal de calizas urgonianas presenta una potencia de 150 a 200 m, encontrándose a veces dolomitizada y mineralizada (zinc de Udías y Reocín), tratándose mayormente de

calizas claras y compactas, muy puras y fracturadas.

Las formaciones superficiales están caracterizadas por productos de alteración (arcillas rojizas y arenosas con concreciones ferruginosas, seguramente testimonio de un clima más cálido).

Los materiales de la facies Weald limitan la infiltración de las aguas en profundidad, permitiendo el establecimiento de una hidrografía superficial perenne, así como favoreciendo el desarrollo en longitud de los cursos de agua subterráneos y suministrando material sedimentario a la red subterránea.

Las cuevas más importantes son las del Linar o la Busta, con más de 4 km, siendo de interés arqueológico, y la de Rescaño, también llamada de Udías o El Río, con más de 13 km. Las aguas que circulan por ambas resurgen en la localidad de Novales.

Esta zona presenta gran cantidad de cavidades con importancia prehistórica-arqueológica, destacando la conocida cueva de Altamira.

El karst de la Región del Asón

Está situado a unos 30 km de la costa, constituyendo un conjunto montañoso de unos 20 km de longitud por unos 14 km de anchura, limitando al N. por los ríos Bustablado y Asón; al E. y al SE. por los ríos Gándara y Argumal; al O. por el río Miera y al S. por el límite con la provincia de Burgos. Es una de las zonas espeleológicamente más importantes de toda la Península, tanto por su densidad como por el tamaño de las cavidades.

La karstificación afecta al potente complejo urgoniano, de más de 1.000 m de potencia, de edad Aptense-Albense inferior, constituido de forma general por alternancias de bancos calizos bastantes puros y capas arcillo-arenosas. Hacia el E. el complejo es más calcáreo. Reposo sobre la serie arcillo-arenosa del Wealdense.

La presencia de lapiaz desnudos, tanto en agujas como de tipo estructural, dolinas y depresiones, además de las numerosas cavidades hacen que esta región presente una marcada morfología kárstica, combinada con la acción de procesos glaciares y fluviales.

Los procesos karsticos actuales, de magnitud importante, quedan caracterizados por una infiltración rápida (con superficies de absorción normalmente sin recubrir de suelos), la fracturación intensa de las calizas masivas o de los complejos calcodetríticos y el fuerte desnivel entre las zonas de alimentación y puntos de surgencia.

Dentro de esta región podemos distinguir dos grandes macizos:



Surgencia del río Asón, Santander en calizas del complejo urgoniano (calizas aptenses).



Lapiáz cubierto en caliza del complejo urgoniano. Proximidades de Vidanía (Guipúzcoa).

—El de Porracolina, al O., calcodetrítico en su mayoría.

—El de San Vicente, al E., presentando caliza urgoniana desnuda con estratificación poco marcada.

En el primer macizo destacan las cuevas Agua-Sopladores, Cañuela, Red de Carrillo, Françoise, La Haza, así como la sima de las Pasadas y el Torcón del Haya. Especial mención merecen la cueva del Rescaño (>13 km), cueva Fresca (14 km), el Sistema de Hoyo Grande (11 km y 435 m de profundidad) y, sobre todo, el Sistema Cueto-Coventosa, con más de 23 km y 815 m de profundidad.

En el macizo de San Vicente, las simas Procelosa, Morterón del Hoyo Salzoso I y II, el Sistema Mortero de Astrana y, sobre todo, el Sistema de Garma Ciega-Cellagua (10 km y 850 m de profundidad).

Para la región de Mortillano, dentro del macizo de San Vicente, según Herrero (1985), la primera fase de gran importancia para la karstificación correspondería al Mioceno, a consecuencia del levantamiento del macizo y el hundimiento de la red hidrográfica, con dos fases cuaternarias de reactivación del proceso, una interglaciario y otra postglaciario (éstas deducidas a partir del estudio de sedimentos de relleno de cavidades).

Zona de Matienzo

Esta zona incluye la región kárstica situada al N. de la del Asón, cuyo elemento más característico es el polje o depresión cerrada de Matienzo, en el Ayuntamiento del Valle de Ruesga.

El polje presenta tres ramas, que suman un total de 10 km, resultado de la conjugación de un valle ciego y tres poljes que tuvieron sistemas de alimentación y desagües propios. Actualmente la cueva del Carcavuezo supone el desagüe de toda la depresión.

Las arcillas y arenas de facies Weald son el nivel más bajo de la depresión, constituyendo el estrato impermeable, desarrollándose la karstificación principalmente sobre las calizas del complejo urgoniano, aunque también se manifiesta, con menor intensidad, en las calizas del complejo supraurgoniano, de edad Albense y Albense-Cenomenense.

En la orla montañosa que rodea la depresión se presentan lapiaces, dolinas y varias cavidades importantes, como la Torca del Coterón, Cubio de la Reñada, Solviejo-Rayo de Sol y, especialmente, el complejo Tiva-Risco-Oñite (11 km) y la cueva de Uzueca (16 km).

Para J. Ullastre-Martorell (1975), en esta zona ciertas formas de drenaje subterráneo podrían haberse generado al principio del Pleistoceno y

alcanzar una fase de evolución avanzada en las postrimerías del Riss.

Zona de Carranza-Jorrios

Situada al E. de la región de Asón y a caballo entre las provincias de Santander y Vizcaya, se encuentra esta zona de características muy similares a la anterior.

La karstificación se desarrolla sobre las calizas para-urgonianas (calizas areniscosas negras, con intercalaciones de margas y areniscas, claramente estratificadas con numerosos fragmentos órgano-detríticos) y principalmente sobre las calizas masivas urgonianas, constituyendo las areniscas y arcillas de facies Weald el nivel impermeable de base.

Aparecen numerosos lapiaces y dolinas de pequeñas dimensiones con fondos rellenos de sedimentos terrosos y que a veces presentan sumideros, y numerosas fracturas que actúan como tales. Se presenta un gran desarrollo de la karstificación en profundidad.

Así, por ejemplo, la sima de Jornos II (—489 m, provincia de Vizcaya, iniciada a partir de una fractura), y el sistema Torca de los Caballos-Valle (Santander, con —492 m de profundidad y más de 30.000 m de galerías topografiadas), forman un sistema hidrológico común, al que también pertenece posiblemente la sima de Cárcabas (—310 m, Santander).

Otros fenómenos endokársticos de importancia son la sima Picón II (Vizcaya, —324 m) y especialmente la Torca del Carlista, en el límite entre las provincias de Vizcaya y Santander, que cobija una de las salas mayores del mundo, posiblemente superior al millón de metros cúbicos.

Por último, queda señalar la existencia de rasgos de mineralizaciones dentro de las calizas urgonianas, posiblemente relacionadas con una antigua karstificación.

Región de Itxina-Gorbea

Situada al S. de la provincia de Vizcaya y N. de la de Alava, se trata de una pequeña zona con gran densidad de fenómenos endokársticos, entre los que destacan la sima de Urriko-baso 'Ko Lezandi y las cuevas de Otxabide, Itxulegor, Pagolusieta, Urezartzanda Zuloa y la cueva de Mairuelegorreta, con más de 12 km de desarrollo, todas ellas excavadas en las calizas urgonianas del Albense-Aptense inferior.

Zona de macizo de Ereñozar-Pagoeta

Se desarrolla el karst sobre calizas urgonianas de edad Aptense superior-Albense infe-

rior, al N. de las provincias de Vizcaya y Guipúzcoa.

El macizo de Ereñozar (al E. del río Oka, N. de la provincia de Vizcaya) queda drenado hacia el N. por el manantial de Argin, uno de los más importantes, con un caudal medio de unos 40 l/seg. Las cavidades más importantes son la sima de Iñeritze (—454 m de profundidad) y la cueva de Santimamiñe, de interés turístico y prehistórico.

En Pagoeta (N. de Guipúzcoa) destacan Aixa 'Ko Zulua (5.000 m) y la sima de Leize Aundia II-Sabe Saia 'Ko Leicia (2.000 m y 349 de profundidad).

Región de Valle de Aranzazu - Macizo de Aramotz

Se trata de una unidad kárstica en calizas urgonianas de edad Aptiense Superior-Albense inferior, situándose al SE. de la provincia de Vizcaya y al S. de la de Guipúzcoa.

Las cavidades más importantes son la cueva de Arrikrutz (7.000 m), que funciona hidrológicamente como sumidero y la de Guesaltza (4.900 m), sumidero del río Arantzazu que reaparece en el pantano de Jaturabe. Estas dos cavidades estaban unidas hasta la construcción del pantano.

Dos simas importantes son Gaztelu Arroko Lezia III (—444 m) y Gaztelu 'Ko Urzuloa I (—502 m).

El manantial de Orue representa el drenaje fundamentalmente hacia el O. del macizo de Aramotz, con un caudal medio de 90 l/seg.

Unidad kárstica de Aralar

Esta unidad kárstica, donde destaca especialmente la Sierra de Aralar, se extiende en la parte NO. de Navarra, adentrándose en el SE. de Guipúzcoa.

Las estructuras de la unidad corresponden en líneas generales a sinclinales y anticlinales, convirtiéndose a veces en cabalgamientos con los ejes orientados de Este a Oeste, de acuerdo con la dirección general del plegamiento pirenaico.

Litológicamente se diferencian tres términos, predominantemente calizos, que corresponden a: carniolas, calizas dolomíticas y calizas del Lías Inferior; calizas, a veces con nódulos de sílex, calizas recifales y calizas lacustres del Dogger-Malm y facies Purbeck; y el tercero, constituido por calizas recifales del Cretácico inferior urgoniano. Además se encuentran otros niveles alternantes no karstificables, básicamente margo-arcillosos, correspondientes al Lías medio superior, Jurásico terminal, Cretácico basal y Cretácico superior.

Si bien la karstificación ha afectado a los tres niveles, destaca especialmente el correspondiente al Jurásico medio-superior (Dogger-Malm), con gran profusión de formas superficiales y subterráneas.

Los fenómenos espeleológicos más importantes son la sima Pagomari 'Kolezia, con —304 m de profundidad, Larretxiki 'Ko Leizca II con —446 m de profundidad y desarrollada sobre las calizas urgonianas del Cretácico inferior, Aptense, y las simas de Ormazorreta I (—372 m) y Ormazorreta II (—510 m), desarrolladas sobre calizas del Jurásico Superior, del Neocomiense (Cretácico inferior) y del complejo Urganiano. Estas simas se encuentran en Navarra.

Los manantiales más importantes (Aitzarreta, Iribas e Irañeta, en Navarra, situados en el contacto de calizas sobre margas impermeables, así como los de Osimberde, Bombatxulo, Zazpiturrieta y Aya, en Guipúzcoa) presentan una gran irregularidad de caudales, pudiendo pasar de más de 35.000 l/seg a menos de 50 l/seg en período de estiaje, como es el caso del de Iribas, siendo en general aguas bicarbonatadas cálcicas, de dureza media y mineralización ligera.

Sector meridional

La karstificación que se desarrolla en este sector de la cordillera afecta principalmente a los términos carbonatados del Cretácico superior, sobre todo a las calizas turonenses y coniacenses, enmarcado dentro de una tectónica relativamente suave.

Entre los fenómenos kársticos más destacables figuran en la Sierra Salvada (Alava) las cuevas de Puente y San Miguel el Viejo, desarrolladas sobre calizas y calcoarenitas coniacenses. Goba Grande, en los Montes de Santiago (Alava), con más de 3 km, es una surgencia intermitente en calizas del Turonense. Los cañones del Ebro y Rudrón, entre Burgos y Santander, presentan, además de una clara morfología exokárstica, fenómenos espeleológicos de interés, como la cueva del Nispero, en calizas y dolomías del Cretácico superior y la Cueva del Tobazo, que se trata de una surgencia colgada varias decenas de metros por encima del cauce del Ebro.

La cueva de Piscarciano, en la provincia de Burgos, presenta un desarrollo superior a los 11 Km sobre calizas supraurgonianas del Albense superior-cenomanense inferior.

Por último, el fenómeno kárstico de mayor envergadura lo constituye el complejo de Ojo Guareña, al N. de la provincia de Burgos, en la Merindad de Sotoscueva, entre las localidades de Villarcayo, Espinosa de los Monteros y Puentedey, presentando actualmente más de 80 Km de galerías topografiadas.

La alimentación de este karst se realiza por el río Guareña, que se pierde por el sumidero de Ojo Guareña, al pie de la ermita de San Bernabé, junto a la localidad de Cueva, y por el río Trema, que corta en cañón los niveles karstificables y se sume en una serie de sumideros antes de llegar a la localidad de Cornejo.

Además, es muy destacable por sus aspectos arqueológicos, existiendo pinturas rupestres, grabados y restos de distintas épocas.

Se desarrolla en calizas del cretácico superior, afectado especialmente al Turonense.

3.2.1. b 4. Bibliografía

ANTIGÜEDAD, I.; ERASO ALBERDI, A. y CRUZ-SAN JULIAN, J. (1984): Análisis e interpretación de las curvas de recesión correspondientes a dos surgencias kársticas en la provincia de Bizkaia-Vizcaya. *I Congreso Español de Geología*, T. IV, pp. 17-28. Segovia.

CENDRERO, A. et al. (1985): Patrimonio natural de Cantabria. Paisajes subterráneos. *Institución Cultural de Cantabria*, Mapa a escala 1:200.000. Santander.

FERNANDEZ GUTIERREZ, J.C. (1966): Nota sobre la depresión cerrada de Matienzo. *Cuadernos de Espeleología*, nº 2, pp. 17-97. Santander.

GRUPO ESPELEOLOGICO VIZCAINO (1966): Estudios preliminares sobre el macizo kárstico de Ezkubartz (Mañaria, Vizcaya). *Revista Kobie*, nº 6, pp. 19-61. Bilbao.

GRUPO ESPELEOLOGICO VIZCAINO (1978): Observaciones sobre el karst de Carranza. *Revista Kobie*, nº 8, pp. 51-92. Diputación Foral de Vizcaya. Bilbao.

GRUPO ESPELEOLOGICO VIZCAINO (1980): Macizo kárstico de Jorrios (Trucios, Vizcaya) *Revista Kobie*, nº 10, pp. 15-38. Diputación Foral de Vizcaya. Bilbao.

HERRERO, N. (1985): El karst antiguo del macizo de Mortillano (Cantabria). *Jumar*, nº 6, pp. 87-97. Madrid.

IGME (1979): Puntos de interés Geológico. Orla Cantábrica, Sector Oriental. *Varios informes inéditos*. Madrid.

MUGNIER, C. (1969): El karst de la región de Asón y su evolución morfológica. *Cuadernos de Espeleología*, 4 número monográfico. Santander.

MUGNIER, C. (1983): Les glaciations et leur influence sur la karstification dans la region d'Asón (province de Santander, Espagne). *Atti Convegno Int. sul corso di alta montagna*, vol. I, pp. 203-208. Imperia (Italia).

RAT, P. (1968): El sinclinal kárstico del Monte Barbecha. (Alfoz de Lloredo, Santander). *Cuadernos de Espeleología*. IV-3, pp. 23-30. Santander.

SAIZ DE OMEÑACA, J. (1973): El karst de Pechón (Santander). Caracteres hidrogeológicos. *Cuadernos de Espeleología*, 7. pp. 9-14. Santander.

ULLASTRE MARTORELL, J. (1975): Aportación de conocimiento morfokárstico de la depresión de Matienzo (Santander). *Cuadernos de Espeleología*, 8, pp. 63-90. Santander.

3.2.2. El Pirineo

3.2.2.1. Geología

Esta cordillera, perteneciente al Sistema Alpino, presenta una estructura claramente bilateral, con una zona axial paleozoica bordeada por dos ramas de vergencias opuestas y una anchura relativamente moderada. Aunque desde un punto de vista geológico se extiende por el O., hemos preferido prescindir en este apartado de la región vasco-cantábrica y considerarla

como una región kárstica aparte, dada la complejidad y gran importancia de los distintos karsts existentes en ella. Las sierras de Lóquiz, Cantabria, Urbasa y Andía son las más occidentales incluidas en este apartado. La Sierra de Aralar queda explicada en la región vasco-cantábrica.

La zona axial está formada por terrenos paleozoicos, incluyendo importantes macizos graníticos ligados al ciclo hercínico, y por algunos núcleos de terrenos precámbricos. Con muy importante heterogeneidad litológica, los materiales carbonatados son calizas cámbrico-orдовícicas y sobre todo devónicas (karsts del Valle de Arán o sistema Fou de Bor) o bien rocas carbonatadas de la cobertera meso-terciaria (sistema Arañonera) situados sobre los materiales paleozoicos. Los karst afectan en general a pequeñas extensiones, aunque suelen tener un gran desarrollo en profundidad.

La zona prepirenaica es de composición eminentemente calcárea y presenta un gran interés hidrogeológico por la karstificación de sus materiales. Se trata de calizas y dolomías del Jurásico y Cretácico y calizas del Terciario. Interesantes ejemplos son las unidades kársticas de Montsec, Sierra de Guara, Urbasa, etc.

Los karst en yesos, de los que hay en general muy poco conocimiento, están ligados a diapiros del Trías en facies Keuper, al igual que en la región vasco-cantábrica, como el karst en yeso del diapiro de Estella (Navarra), que presenta varias cavidades de escaso desarrollo y aguas de composición fuertemente salinas (cloruradas sódicas y sulfatadas cálcicas).

3.2.2.2. Manifestaciones kársticas

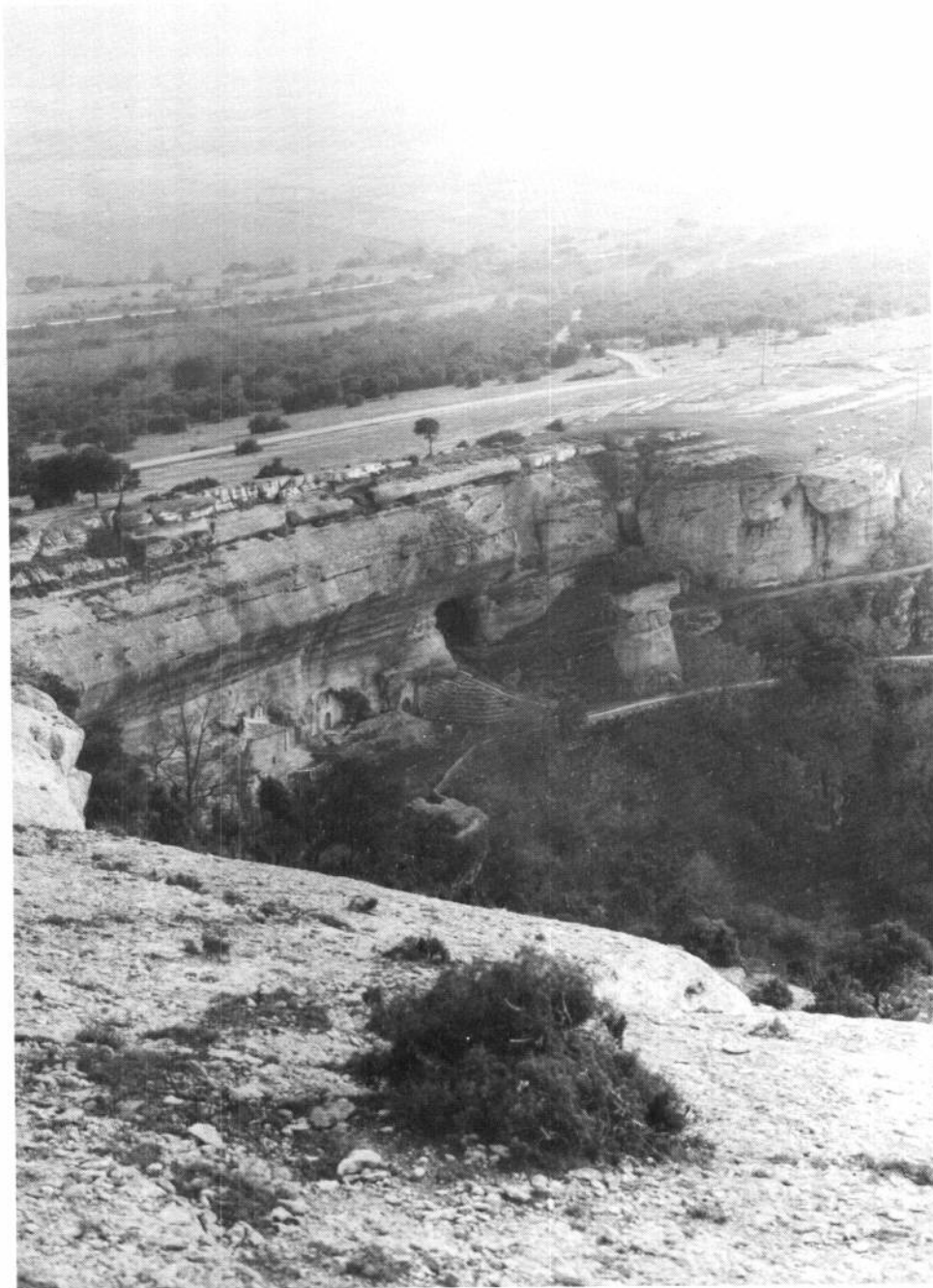
Unidades y sistemas kársticos del pirineo axial y sierras interiores oscenses

Se presentan diferentes unidades y sistemas kársticos, en materiales carbonatados, dentro de una gran variedad litológica, que fundamentalmente pertenecen a la cobertera meso-terciaria del pirineo axial, con una importante influencia glacial en su modelado, así como en su alimentación, que es nival o pluvionival.

Las principales unidades son, de O. a E.:

— Macizo de Aspe, en Sierra Bernera, con dos simas importantes, Soubeyrán y Edelweiss (>300 m de profundidad), desarrolladas en calizas del cenomanense, fuertemente inclinadas, en contacto con facies flysch.

— Arañonera, en la vertiente E. de la Sierra de Tendeñera, cuyos materiales pertenecen a la unidad de Gabarní - Monte Perdido. Además de las simas S-8 y T-38, destaca la S-1/S-2, con más de 10 Km de desarrollo y 600 m de profundidad. Son series calcáreas, principalmente pa-



Ojo Guareña (Burgos), el mayor complejo subterráneo de la Península Ibérica, en calizas turonenses.

leocenas, franqueadas a base y techo por niveles no karstificables. El alto buzamiento de los estratos, muy fracturados, permite desniveles en las calizas de hasta 1000 m. Los grandes conductos existentes se han desarrollado a partir de discontinuidades producidas por fallas y escamas.

— Macizo del Taillón (Marboré-Monte Perdido): dentro de una litología enormemente variada, que va desde un zócalo metamórfico hasta el denominado flysch de Aragón (Eoceno medio) se encuentran diferentes litologías carbonatadas (paleozoicas y mesoterciarias) desarrollándose las principales cavidades en calizas del Paleoceno inferior (calizas del Monte Perdido). La más importante es el Sistema Punta de las Olas - Dos Hernandos, con más de 3,5 Km de desarrollo y 400 m de profundidad. En cuanto a morfología exokárstica, el pequeño polje del Llano del Descargador.

— Sistema Badalona, en el macizo de Escuaín (Valle de Tella); forma un sistema hidrológico, que drena sus aguas al río Yaga a través de la surgencia de las Fuentes de Escuaín, que constituye una de las entradas al sistema B-15/B-1, con más de 1100 m de profundidad. Otras dos simas importantes de este sistema son la C-9 y la C-20. Se desarrolla sobre calizas del Eoceno inferior, con intercalaciones de margas y calcoesquistos.

Unidad kárstica de la Sierra de Guara

Es una de las denominadas Sierras Pirenaicas exteriores, en la provincia de Huesca. Está constituida por calizas del Eoceno medio, con alveolinas y algas, con una potencia entre 800 y 1.000 m, presentando una dirección general E.-O., cerrando por el N. la depresión del Ebro.

La intensa fracturación, con predominio de la dirección NE.-SO., así como la dirección de los pliegues, han condicionado la karstificación. El drenaje subterráneo, dirigido, además de por la fracturación, por el buzamiento de los estratos, vierte hacia el S. en el frente meridional de la Sierra, como atestiguan la cueva-surgencia de Morrano (30 l/seg) y la surgencia de Bastaras (70 l/seg), donde se presenta el mayor fenómeno endokárstico: la cueva de Solencio de Bastaras, con más de 9 Km de desarrollo, en conglomerados del Mioceno y calizas del Paleoceno-Eoceno medio.

Aunque apenas existen algunas típicas morfologías exokársticas, como lapiaces, se presenta fuerte dolinización en ciertas zonas. El pequeño polje de los Aveles presenta una forma adaptada al cierre periclinal de un anticlinal, con sumidero penetrable que actúa sólo ocasionalmente.

Según J. Rodríguez Vidal (1983), existió una doble fase de karstificación, en el Mioceno superior y en el Plioceno superior. El encajamien-

to de la red fluvial, creando cañones (como el del Mascún) y barrancos, que capturan dolinas y otras depresiones, se produciría a partir del Villafranquiense.

Unidad kárstica de Urbasa

Esta unidad hidrogeológica se extiende por la parte centro occidental de Navarra, adentrándose en Alava, comprendiendo las sierras de Urbasa y Andía, constituidas por una potente serie carbonatada (dolomías, calizas y calcoarenitas), variable entre los 400 m al S. y 800 m al N., de edad Paleoceno-Eoceno medio.

Además de esta litología, aparecen margas alternando con calizas localmente, así como tramos de margocalizas y margas del Paleoceno superior y Eoceno inferior.

Estructuralmente, mientras la sierra de Urbasa corresponde a un suave sinclinal con la zona central deprimida, la de Andía, situada más al E., ofrece una estructura con mayor presencia de accidentes tectónicos, con distintos anticlinales y sinclinales con ejes que siguen la dirección pirenaica E.-O. Ambas están afectadas por dos familias de fallas, de direcciones NNE.-SSO. y NE.-SO.

Las dos sierras forman mesetas; la de Urbasa, con valles en fondo de saco en su frente, originadas por surgencias kársticas; la de Andía, con pequeños cañones.

La morfología kárstica es muy amplia y variada (lapiaces, dolinas, uvalas, simas, etc.), destacando las dolinas de la Yeguada de Urbasa y el polje de Zalvide, que llegan a convertirse en lagos temporales por el ascenso del nivel freático.

Predominando los fenómenos espeológicos desarrollo vertical, destacan las simas de las Hiedras, Erdocia y Tximera, en la Sierra de Urbasa y la de Marizulete, en Andía, todas ellas con algo más de 100 m de profundidad.

El nivel impermeable de esta unidad kárstica los forman las margas del Cretácico.

Los manantiales son, en general, muy irregulares, con caudales sujetos al régimen de lluvias, destacando el de Urederra, que es el principal desagüe de la sierra de Urbasa y los de Riezu, Ibero, Echauri, y Arteta, para la de Andía. Este último presenta caudales medios del orden de los 3.000 l/seg, con variaciones entre los 30.000 y los 350 l/seg. Actualmente está captado para el abastecimiento de la Mancomunidad de Aguas de la Comarca de Pamplona, y el estudio de viabilidad de su regulación notablemente avanzado.

Unidad kárstica de Lóquiz

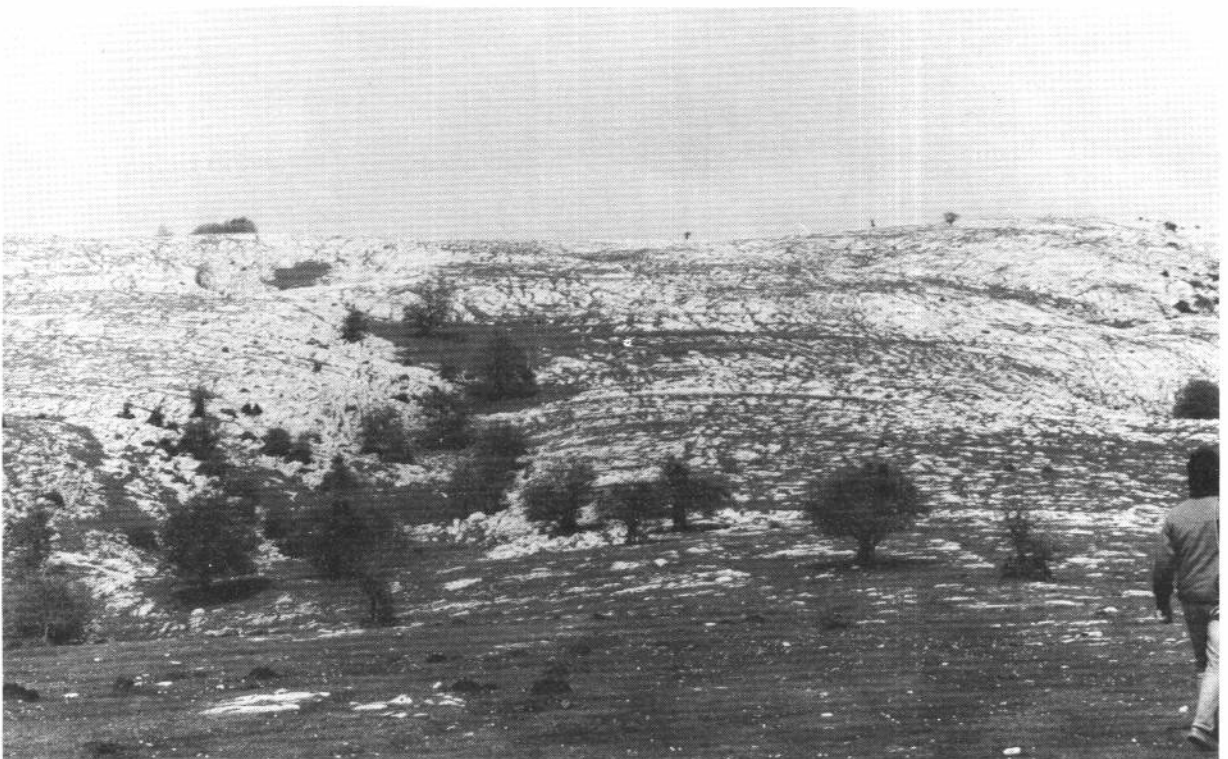
Se sitúa en la parte centro-occidental de Na-



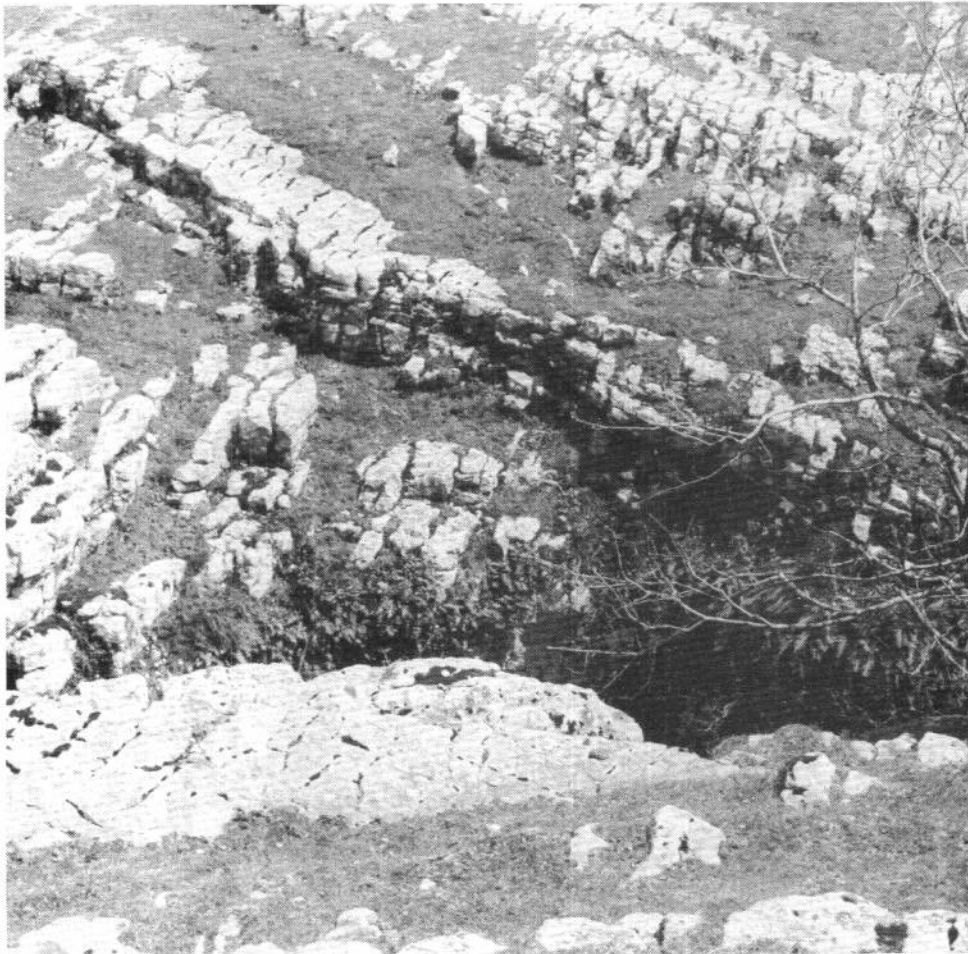
Barranco del Mascún, en la S.ª de Guara, sobre calizas eocenas.



Dolinas en la S.ª de Urbasa (Navarra).



Formas de absorción en la S.ª de Andía.



Sima en la S.ª de Andía.

varra, adentrándose en la de Alava, al S. de la Urbasa, comprendiendo las sierras de Lóquiz y Cantabria.

Los materiales karstificables son las calizas, a veces con calcarenitas, del Coniaciense superior-Santoniense inferior (Cretácico superior), con una potencia del orden de los 400 m, aumentando hacia el O.

Constituye geomorfológicamente un ejemplo de relieve estructural. La morfología kárstica, no abundante en el conjunto, se presenta en las calizas, al N. del valle de Lana y en lo alto de la Sierra. Las formas endokársticas tienen predominante desarrollo vertical, aunque de pequeña envergadura (<50 metros).

Es destacable el complejo Basaula-Itxaco, con 5 Km de recorrido, constituyendo el manantial de Itxaco un punto de descarga importante, con un caudal medio de 1.500 l/seg, con gran variación entre su máximo y mínimo aporte.

Unidad de Larra (o macizo de la Piedra de San Martín)

Se sitúa en el extremo NE. de Navarra y en el NO. de Huesca, prolongándose por el territorio francés. Es sin duda una de las zonas más importantes espeleológicamente del país, quizá la que más, y de gran importancia mundial, por las profundidades alcanzadas (superiores en dos simas a los 1.300 m) y por la espectacularidad de las formas exokársticas.

Ocupa una superficie relativamente pequeña, del orden de unos 120 Km², con relieve abrupto y altitud importante, constituyendo un ejemplo de los denominados karst de alta montaña.

A pesar de la fuerte pluviosidad existente (entre 1.500 y 2.500 mm/año) no existen apenas corrientes epigeas, siendo la circulación preferentemente subterránea, conociéndose en la actualidad cinco importantes ríos subterráneos.

Geológicamente está constituida esta unidad esencialmente por una cobertera carbonatada de Cretácico superior, con calizas con nódulos de sílex («Calizas de los cañones»), con una potencia de unos 300 m. Además aparecen otros materiales cretácicos menos o nada karstificables (calcoesquistos, flysch, conglomerados y brechas). El conjunto se apoya discordantemente sobre un zócalo paleozoico, pizarras principalmente. El buzamiento general de las «calizas de cañones» (entre 10° y 30°) permite a esta formación extenderse por unos 2.000 m. de desnivel, lo que explicaría las grandes profundidades alcanzadas.

Otro factor es imprescindible para comprender el impresionante desarrollo exo y endokárstico, como es la densa red de fallas y dia-

clasas que afectan el macizo, agrupadas en tres familias principales: ENE.—OSO., NNE.—SSO. y ESE.—ONO., estas dos últimas con una fuerte repercusión en el trazado subterráneo.

Según diversos autores, el comienzo de la karstificación correspondería a los episodios finales del Plioceno, posiblemente por la existencia de un clima subtropical y la eliminación por erosión del flysch superior, estando ya las calizas afectadas por la fracturación. Continuaría el modelado con la actuación de procesos glaciares y fluvioglaciares en las épocas frías del Cuaternario. En la actualidad continúa la funcionalidad del karst, prosiguiendo el desarrollo de las formas endo y exokársticas, debido a procesos de tipo plovonial. Según López (1985), las tasas actuales de disolución serían del orden de 125 mm cada mil años.

Las dolinas, simas y lapiaces, además de diversas uvalas se desarrollan y viven condicionadas según la fracturación.

Los fenómenos espeleológicos, que constituyen en total una red subterránea superior a los 100 km, son, como ya hemos dicho, de suma importancia, destacando la Piedra de San Martín (41 kms y 1.341 m de profundidad) y las Puertas de Illamina o BU 56 (15 Kms y 1.338 m de profundidad) siendo, respectivamente, la segunda y tercera simas más profundas del mundo.

Las surgencias principales son: Bentia, Illamina y Kakoueta, siendo, por su composición iónica, aguas bicarbonatadas cálcicas.

Las importantes reservas hídricas, del orden de unos 250 Hm³/año, existentes en el macizo, hicieron considerar su posible aprovechamiento e incluso la construcción de un embalse subterráneo, finalizándose en 1960 la excavación de una galería artificial por parte de una sociedad eléctrica francesa (E.D.F.), que da acceso a la gran sala de la Verna, en el complejo subterráneo de la Piedra de San Martín. Este proyecto nunca se ha llegado a realizar.

Unidad de Leyre

Situada en el extremo oriental de Navarra, comprende las sierras de Leyre e Illón.

Los materiales karstificables están constituidos por dolomías y calizas Paleoceno, y en menor medida por las calcerinitas del Eoceno.

Destacan, seguramente condicionados por procesos de tipo fluviokárstico, las foces de Sigüés, Esca y Arbayún, donde se encuentra un importante manantial, con un caudal medio superior a los 100 l/seg.

La constancia en la composición química de sus aguas apunta hacia una débil karstificación, tratándose posiblemente de acuíferos fisurados, poco o nada karstificados.



Foz de Arbayín, sobre el río Salazar (Navarra).

Unidad Sierra del Cadí-Moixeró

Se extiende a lo largo de una franja el NE. de la provincia de Lérida y NO. de la Barcelona, resultando poco conocida por sus aspectos geomorfológicos.

Destacan en ella el Sistema hidrogeológico de las Fuentes del Llobregat, donde nace el río de este nombre y el polje del Prat de Bessies como aspecto morfológico singular más notable.

La edad de los materiales es paleógena, fundamentalmente Eoceno.

Unidad kárstica del Montsec

Comprende la Sierra de Montsec, así como la estructura plegada de San Corneli, situándose en la zona medio-occidental de Lérida y extendiéndose ligeramente a la de Huesca.

Presenta morfología exo y endokárstica muy significativa, conociéndose del orden de las 200 cavidades, la mayoría de ellas sin actividad hidrográfica.

Las manifestaciones hidrogeológicas más significativas se sitúan en el talweg de los cursos superficiales o en niveles inmediatamente superiores: tal es el caso del Forat de l'Or, en el curso del Noguera Pallaresa (entre los embalses de Terradets y Camarasa) que constituye un aparato de tipo vaoclusiano, con un caudal de varios m³/seg.

Es destacable los problemas que hubo, debido a la karstificación de los materiales que constituyen el vaso, en la presa de Canelles (sobre el Noguera Ribagorzana, límite de las provincias de Huesca y Lérida), solucionados gracias a la realización de pantallas de impermeabilización.

Los materiales carbonatados son de edad cretácica y eocena.

Unidad del Montgrí

Se sitúa al NE. de la provincia de Gerona, constituyendo una pequeña área kárstica litoral.

Presenta morfología superficial muy desarrollada, con dolinas y lapiazes con importante relleno arcilloso, así como algunas cuevas accesibles.

La descarga de sus sistemas hidrogeológicos se realiza a través de surgencias submarinas y sus reservas, estimadas del orden de los 16Hm³, serían de explotación problemática por la alta salinización de las aguas.

Este macizo calcáreo es de edad Cretácica.

Unidades kársticas del Valle de Arán (Artiga de Lin)

Situadas al NO. de la provincia de Lérida, dentro de una gran heterogeneidad litológica, cuyas litologías son de edad cámbrico-ordevónica y devónica.

El más importante de ellos es el del Forat d'Aigualluts-Güells de Juen, desarrollado desde el Alto Esera (Maladeta-Aneto) al Valle de la Artiga de Lin, sobre calizas devónicas. El área de alimentación es de unos 20 kms² y drena las aguas de deshielo de los glaciares de la Maladeta y Aneto. La descarga se realiza a través del manantial de los Güells de Jueu, que aporta sus aguas al río Garona.

Otros karsts son los de Marimanya, Estany Liat, Port de la Bonaigua, Pumero, Bargadera y Sarraera.

Al E. del Valle de Arán destaca la sima Ciglera de l'Ubaga de Balerán, con 322 m de profundidad, con presencia de nieve hasta los — 120 m.

Otro karst en materiales paleozoicos, fuera de este ámbito geográfico, es el de Fou de Bor, situado al N. de la Sierra del Cadí (Cerdaña meridional, NE. de la provincia de Lérida), desarrollado sobre calizas devónicas.

3.2.2.3. Bibliografía

CERVELLO, J.; FREIXES, A. y MONTERDE, M. (1983): Elementos de la hidrogeología del karst de alta montaña pirenaica (macizos de Tendeñera y Alto Esera). *Atti Convegno int. sul carso di alta montagna*, vol. I, p.p. 107-120. Imperia (Italia).

ERASO, A. (1959): Karst en yeso del diapiro de Estella. *Nube*, Cuad. 4, pp. 201-230.

Instituto de Estudios Espeleológicos de Sabadell (1979): Contribución al conocimiento del sistema hidrogeológico de la Maladeta-Valle de Arán. *Actas espeleológicas*, 1, pp. 11-63. Sabadell.

LOPEZ MARTINEZ, J. (1983): Geología, geomorfología, clima e hidrología del Macizo de la Piedra de San Martín. *Reunión Monográfica sobre el karst. Larra 82*, vol. II, pp 13-53. Diputación Foral de Navarra.

LOPEZ MARTINEZ, J. (1984): Disolución de rocas carbonatadas. Cuantificación del proceso actual de karstificación en el Macizo de la Piedra de San Martín (Pirineo Occidental). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, T.X., fascículos 1 y 2, pp. 127-138. Logroño.

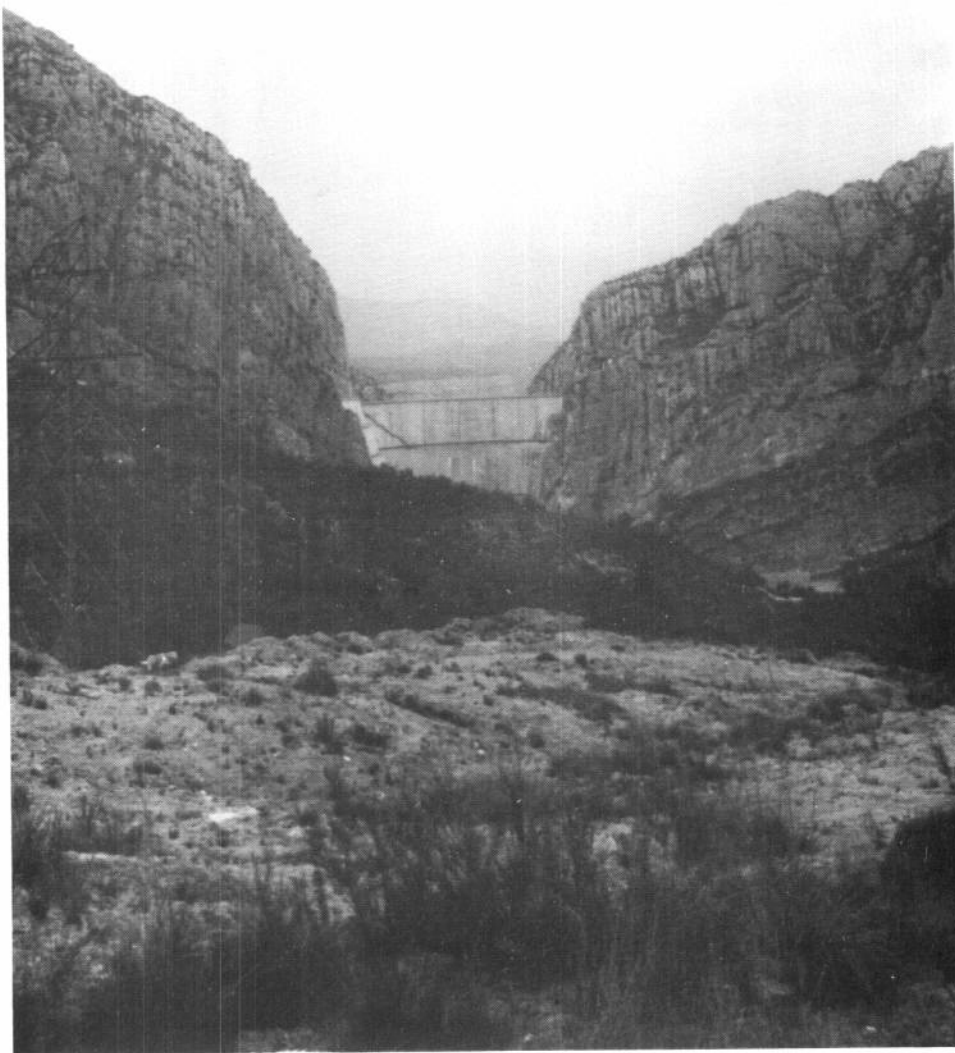
MAIRE, R. (1983): Connaissances actuelles sur le karst profond de Larra (Pyrénées Atlantiques, Navarra, Huesca). *Reunión Monográfica sobre el karst. Larra 82*, vol. II, 55-79. Diputación Foral de Navarra.

RODRIGUEZ VIDAL, J. (1983): El modelado kárstico en la Sierra de Guara (Huesca): plano de Cupierdo. *Reunión Monográfica sobre el karst. Larra 82*, vol. II, pp. 117-127. Diputación Foral de Navarra.

3.2.3. Cordilleras costero-catalanas

3.2.3.1. Introducción

Esta cordillera, también denominada Catalánides, se extiende a lo largo de la costa, desde



Embalse de Canelles, sobre el río Noguera Ribagorzana.



Dolina en el macizo de Garraf (Barcelona).

las estribaciones del Maestrazgo, en la Cordillera Ibérica, hasta enlazar por el NE. con la Cordillera Pirenaica, quedando limitada al O. por la depresión del Ebro, sobre la cual cabalga.

3.2.3.2. Geología

Desde un punto de vista morfoestructural, podemos distinguir la zona litoral, la zona prelitoral y, entre ambas, la depresión intermedia, limitada por fallas.

Los materiales de borde de la depresión del Ebro se incorporan desde el punto de vista orográfico a las Cadenas Costero-Catalanas, formando relieves frecuentemente más elevados, como el caso de los conglomerados karstificados de Montserrat. Igual ocurre al N. con otras unidades conglomeráticas de la depresión (Serradell-Llerás, por ejemplo), que enlazan orográficamente con los Pirineos, todas ellas incluidas, por estarlo geológicamente, dentro de la cuenca del Ebro.

Las unidades litoestratográficas carbonatadas, que se presentan más o menos karstificadas, dentro del dominio de esta cordillera, son los dos niveles calizo-dolomíticos del Muschelkalk, las carniolas y dolomías del Keuper, las dolomías del Jurásico y las calizas y dolomías del Cretácico.

3.2.3.3. Manifestaciones kársticas

Las dos unidades o macizos más importantes por la presencia de fenómenos kársticos son Garraf (próximo a Barcelona) y la unidad de Ports de Beseit (NE. de la provincia de Teruel, S. de la provincia de Tarragona y NE. de la de Castellón).

El macizo de Garraf (o de Garraf-Ordal), limitado por el bajo Llobregat (junto a Barcelona), la depresión del Penedés y el mar Mediterráneo, constituye un extraordinario ejemplo de karst litoral, ocupando una superficie de unos 200 km².

Los materiales carbonatados (fundamentalmente dolomías del Jurásico y calizas finas y masivas del Cretácico), con espesores de varios centenares de metros, dominan en la mayoría del macizo y sobre ellos se desarrolla la karstificación.

Las formas exokársticas alcanzan un desarrollo espectacular, presentando lapiaces («rasclers» en la toponimia local), dolinas abundantes con fondo plano por colmatación de arcilla roja (campo de dolinas de Campgrás) y el polje de Begues, en la parte central del macizo.

Las formas endokársticas presentan un desarrollo eminentemente vertical, conociéndose en la actualidad más de 300 simas («avenc»),

entre las que sobresalen L'Avenc de L'Esquerra (—205 m) y L'Avenc dels Esquirols (—210 m), formas correspondientes a una karstificación antigua.

Las cavidades de desarrollo horizontal son excepcionales, siendo la más importante la surgencia submarina de la Falconera, que corresponde a un punto de descarga en la zona litoral de uno de los varios sistemas hidrológicos activos. Actualmente, esta surgencia presenta una contaminación de tipo orgánico, debido a la instalación de un vertedero de residuos sólidos situado en la zona de alimentación del sistema.

La otra unidad de importancia de cara a la karstificación es la de Els Ports de Beseit —Puertos de Beceite— (NE. de la provincia de Teruel, S. de la de Tarragona y ocupando una pequeña porción del NE. de la de Castellón), desarrollándose fundamentalmente la karstificación sobre las rocas carbonatadas del Jurásico inferior (Lías), donde se encuentra la cueva Forat del Riu Algars (>1.500 m), siendo, además, una manifestación hidrológica notable, existiendo en el macizo numerosos dispositivos de emergencia temporales.

Otras unidades morfoestructurales carbonatadas de la cordillera, con menor desarrollo kárstico en general, son la de Montsiá (S. del delta del Ebro, en la provincia de Tarragona, Cretácico Inferior), Cardó y Vandellós-Tivissa (N. del delta del Ebro, en Cretácico Inferior), Llaberia (al N. de la anterior, en rocas carbonatadas fundamentalmente jurásicas), Cavalls-Pandols (prolongación de Ports de Beseit), sierras de Prades y Miramar (Muschelkalk), Baix Gaià (junto a la costa, al N. de la ciudad de Tarragona), Alt Gaià (al N. del anterior, en el límite de las provincias de Tarragona y Barcelona, en calizas y dolomías del Triás, que forman con las calizas del Eoceno de la depresión del Ebro un acuífero multicapa) y la unidad Triásica del Congost-Anoia (al E. de la sierra de Sant Llorenç, provincia de Barcelona).

3.2.3.4. Bibliografía

CUSTODIO GIMENA, E. (1975): Metodología y resultados del estudio hidrogeológico del macizo kárstico de Garraf, Barcelona. *Bol. Geol. y Min.*, t.86, fasc. I, p.p. 31-44. Madrid.

PASCUAL, J.M. et. al. (1986): Intrusión marina en calizas costeras: aplicación a Garraf sur y Vandellós (Catalunya). *Jornadas sobre el karst en Euskadi*, T. 1, p.p. 287-299. San Sebastián.

3.2.4. Depresión del Ebro

3.2.4.1. Introducción

Está comprendida entre el Pirineo, la Cordillera Ibérica y las Cadenas Costeras Catalanas, comunicándose con la cuenca del Duero a través del corredor de la Bureda, al N. de la sierra de la Demanda.

3.2.4.2. Geología

El relleno de la cuenca está formado por materiales marinos (parte N., Eoceno) y continentales (Oligoceno, Mioceno).

Las formaciones evaporíticas miocenas, de gran extensión, son de considerable importancia de cara a la karstificación, al igual que las formaciones evaporíticas paleógenas, que llegan a dar lugar a extrusión de sal en algunos puntos próximos al borde pirenaico, dando lugar a fenómenos como el karst salino de Cardona.

Los sedimentos de los bordes de la cuenca tienen carácter molásico (carácter que pierden hacia el interior), con un desarrollo kárstico importante.

Por tanto, podemos decir que la depresión del Ebro presenta una gran variedad de fenomenología kárstica, tanto por las litologías afectadas (calizas, yesos, conglomerados, extrusiones salinas) como por su extensión y la disparidad de procesos y formas generadas.

3.2.4.3. Manifestaciones kársticas

Yesos miocenos

Ocupan, fundamentalmente, el sector central de la depresión (Campo de Zaragoza y región central de los Monegros), y comúnmente asociados a margas y halitas, constituyendo principalmente la formación Yesos de Zaragoza (yesos y margocalizas alternantes). Su disposición es horizontal.

La disolución de la roca yesífera queda condicionada, además de la disponibilidad de agua y grado de saturación de la misma, por la textura: existencia de poros, fisuras, interrupciones en la continuidad del esqueleto, etc.

Así, tendremos yesos fuertemente karstificados frente a otros que apenas lo están. El yeso alabastrino, por ejemplo, se disuelve superficialmente y con gran lentitud, mientras que el sacaroideo, el lenticular y, sobre todo, el especlar lo hacen mucho más rápido, incluso asociado a lutitas, margas y material carbonatado. El residuo de la meteorización es un limo yesífero, flojo y muy soluble.

Un fenómeno interesante, con importantes implicaciones geotécnicas, es la formación de simas por filtraciones en canales, como el Imperial, paralelo al Ebro, ya que actualmente sigue provocando problemas de este tipo, debido principalmente al colapso por karstificación de los yesos especulares subyacentes.

En la zona de Casetas-Utebo, en la margen derecha del río Ebro, se han producido hundimientos como resultado de esta karstificación; también en zonas alejadas del trazado del canal aunque asociadas a áreas regadas.

Otros ejemplos de karstificación importante son los Montes de Castellar, en la margen izquierda del Ebro, con depresiones exokársticas y funcionalidad de la karstificación, así como en el escarpe de Remolinos, en la misma margen, con presencia de dolinas y existencia de drenajes internos que denotan funcionalidad del karst.

Yesos paleógenos

Las unidades que presentan fenómenos kársticos o son susceptibles de karstificación son:

- Yesos de Odena.
- Yesos del Complejo de Sanahuja.
- Formación yesos de Barbastro, con gran profusión de formas de absorción (dolinas).
- Yesos de Copons.
- Formación yesos de Beuda, con dos importantes sistemas kársticos subterráneos: el sistema de Rotgers, en Borreda (Berga, Barcelona), con 1.100 m de desarrollo, y la Cueva de la Mosquera, en el Bajo Ampurdán, con 800 m. Son los dos sistemas en yesos más importantes de la depresión, siendo también los principales en yesos paleógenos de toda España.
- Yesos de Lerín.
- Yesos de Falces.

Por su singularidad, una de las unidades kársticas evaporíticas más importantes lo constituye el karst salino de Cardona (O. de la provincia de Barcelona), con un conjunto de cavidades de pequeña envergadura, destacando el Forat Micó, con más de 500 m de recorrido; además hay una morfología exokárstica muy desarrollada.

El karst de Bañolas (Gerona) se ha formado en varias unidades litológicas carbonatas, formaciones Sagnari, Coronas, Terrades, en la facies Garumnense y en la formación Beuda de yesos paleógenos, constituyendo así un karst mixto en materiales calcáreos y evaporíticos, siendo el lago de Bañolas una de las principales zonas de descarga, donde se originan estructuras de colapso, con importantes implicaciones geotécnico-ambientales.

Este karst presenta un gran interés hidrogeológico, evaluándose sus recursos en unos 50 Hm³.

Karst en rocas detríticas

En los bodes N. y S. de la depresión, en los abanicos aluviales paleógenos, se ha desarrollado una importante karstificación sobre los conglomerados carbonatados, que presentan importantes relieves.

En la unidad de Serradell-Setcomelles-Llerás destaca la Cueva de Cuberes, con casi 8 km de



Yesos miocenos con pequeñas oquedades por disolución en el nacimiento del río Ginel (Zaragoza).



Cavidad en conglomerados de Sant Llorenç del Munt, en Rellinars (Barcelona).

longitud. Existen en estos conglomerados varias zonas de descarga: Font de Ribert, Font del Molí de Gurp y los Botets de Casa Rei, donde se sitúa la cueva del mismo nombre, con un recorrido superior a 1 km y que excepcionalmente funciona como «trop-plein» de dichas surgencias.

En el karst de Sant Llorenç del Munt-Serra de l'Obac existen una gran cantidad de formas endokársticas (más de 300 cavidades), presentando una importante dinámica actual. Según Freixes (1985) se podrían identificar tres sistemas hidrogeológicos posiblemente.

En la unidad de Sant Llorenç de Morunys, otra unidad conglomerática karstificada, es destacable la sima Montserrat Ubach (—202 m de profundidad), en la Sierra de Oden.

En la unidad conglomerática de l'Espluga de Francolí es interesante el ejemplo de karst cubierto de la Mata, modelado en una formación aluvial del cuaternario, implicada en la alimentación del karst actual.

Otras unidades kársticas en conglomerados son las de Montserrat, San Miguel Montclar y Montsant, ésta con desarrollo de algunas formas superficiales.

Por último, en la unidad «Areniscas de Folgueroles», que presenta morfología kárstica en la Sierra de Collsacabra, aparece la Cueva del Serrat del Vent, con un recorrido de unos 4.500 m y un desnivel superior a los 200 m (próximo a Tavertet, Barcelona), con funcionamiento hidrológico actual, siendo la mayor en este tipo de materiales de la Península, así como la que presenta mayor desnivel.

3.2.4.4. Bibliografía

IGME (1982): Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Ebro. *Colección Informe*. 82 p.p. Madrid.

LLAMAS, M.R. (1962): Estudio geológico-técnico de los terrenos yesíferos de la Cuenca del Ebro y de los problemas que plantea en los canales. *M.O.P.U. Servic. Geológico*. Bol. n.º 12. Informaciones y Estudios, 192 p.p.

MANDADO, J.; RODRIGUEZ VIDAL, J. y TENA, J.M. (1984): La disolución de rocas evaporíticas: un importante factor geomorfológico en el Valle del Ebro. *Cuadernos de investigación geográfica*, T.X, fasc. 1 y 2. p.p. 139-148. Logroño.

PELLICER, F.; ECHEVARRIA, M.T. e IBAÑEZ, M.I. (1984): Procesos actuales en el escarpe de yesos de Remolinos. *Cuadernos de investigación geográfica*, T.X, fasc. 1 y 2. p.p. 159-168. Logroño.

3.2.5. Cordillera Ibérica

3.2.5.1. Introducción

La Cordillera Ibérica es una cordillera que presenta una dirección general NO.-SE., con dos ramas claramente diferenciables: La Aragonesa u Oriental, cuyo extremo nor-occidental, en las provincias de Burgos y Logroño, culmina en la Sierra de Demanda, y la rama Caste-

llana u Occidental, que enlaza al N. con el Sistema Central. Hacia el SE. las dos ramas se unen en el Maestrazgo y más al sur enlazan con las cordilleras Béticas.

3.2.5.2. Geología

La Cordillera Ibérica es una típica cordillera de zócalo y cobertera, ésta formada por una serie mesozoica y paleógena más o menos completa.

En la rama Castellana podemos distinguir dos grandes zonas. Una más septentrional, la del Alto Tajo, constituida por series poco potentes, con estructura sencilla, con materiales del Jurásico y Cretácico. La otra, más meridional, zona de la Sierra de Albarracín, con estructuras más complejas y series de mayor potencia. Es en esta zona donde se presentan los mayores sistemas kársticos, tanto inactivos como activos, de toda la cordillera, especialmente en las calizas jurásicas.

La rama aragonesa presenta una serie sedimentaria Jurásica y Cretácica muy potente, con las características series carbonatadas del Cretácico, en el Maestrazgo, que forman las plataformas urgo-aptenses.

La tercera gran unidad de la cordillera lo constituye la depresión Calatayud-Teruel, con una sedimentación terciaria similar a las cuencas del Tajo y Duero y aparentemente también contemporánea. Los principales karsts en yesos de la cordillera se encuentran en esta depresión.

3.2.5.3. Manifestaciones kársticas

Sierra de Javalambre

Se sitúa al S. de la provincia de Teruel, al O. de la fosa Alfambra-Teruel-Mira, perteneciendo a la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica.

Litológicamente está constituida por el Trías Superior en facies Keuper, base general para el desarrollo de la karstificación, y fundamentalmente por formaciones carbonatadas de edad Jurásica, donde se circunscriben la totalidad de las formas kársticas: lapiaces generalmente cubiertos, campos de dolinas (en cubeta y en embudo, éstas hasta de 700 m de diámetro) y niveles con claras alineaciones según las redes principales de fracturas NO-SE. y NE-SO.

En la región de Torrijos-Abejuelas, al S. de la sierra, hay ocho poljes, algunos con la morfología original desdibujada por la erosión remontrante de la red fluvial, sin presentar ponors ninguno de ellos.

Los procesos kársticos actuales son de escasa magnitud.

Más al Sur de la Sierra destaca la garganta del Turia ya en la provincia de Valencia, en donde el río del mismo nombre se encaja en los materiales carbonatados mesozoicos, conformando una hoz sinuosa de espectacular belleza.

Por otra parte, al Oeste de aquella, entre las provincias de Valencia y Cuenca destaca la hoz de Contreras, cañón kárstico utilizado para la construcción del embalse del mismo nombre.

Serranías de Gúdar y Maestrazgo

Están enclavadas en el Sector Oriental de la Cordillera Ibérica, al Sur de la misma, en las provincias de Teruel y Castellón.

Los materiales karstificables son el Cretácico inferior Aptense, que es el que se encuentra más ampliamente representado, así como las calizas y dolomías cenomanenses-turonenses y jurásicas, con mucha menos representación.

Es muy destacable el polje de Vistabella del Maestrazgo (por algunos autores denominado de la Rambla del Llano), de 11 Km de largo por 1 a 3 Km de ancho, situado en la parte más meridional del Maestrazgo, condicionado por líneas estructurales NNE-SSO., presentando un ponor activo en su extremo septentrional, donde desagua la Rambla del Plá, que recorre longitudinalmente el polje.

Los cañones de los ríos Monleón y Mijares parecen estar influenciados por procesos de tipo kárstico.

En el extremo suroriental del Maestrazgo es destacable la Cueva de las Maravillas, excavada en calizas cenomanenses.

En la Sierra del Espadán, donde se encuentran la Cueva de la Cerdaña y las Cuevas de San José, hay una importante karstificación en las dolomías del Trías medio.

Serranías de San Just-Castellote

Aparecen formas kársticas en los macizos calcáreos del núcleo de las sierras, que son de litología variada, con abundancia de cuevas y varias depresiones alargadas de fondo plano con direcciones NE-SO., como el polje de la Hoya del Pinar al S. de las Cuevas de Cañart.

Estas serranías se encuentran al SE. de la depresión de Calatayud, en la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica.

Serranía de Cuenca

Esta sierra, con una dirección general NO-SE., se encuentra enclavada en la Rama Castellana de la Cordillera, predominando en ella

materiales mesozoicos y una tectónica de estilo jurásico con dos conjuntos carbonatados.

Estratigráficamente, el primero de ellos corresponde al Jurásico. Separado de él por materiales detríticos, aparecen las dolomías y calizas del Cretácico superior, con gran extensión e importante karstificación, donde se desarrollan aparatos kársticos de gran envergadura, tanto activos como inactivos, muchos con interés espeleológico.

En el karst de Poyatos-Santa María del Val aparecen lapiazes, en general cubiertos, dolinas, tanto en cubeta como en ventana (torcas) y valles ciegos. Destaca la Cueva del Royo Malo, con más de 3.000 m de desarrollo, siendo una surgencia semiactiva en dolomías turonenses, en un karst asimilable morfológicamente a los denominados "de mesa", con distintos puntos de absorción y varias surgencias.

La afluencia hidrogeológica de este karst se realizaría hacia el río Escabas, como es en el caso de Royo Malo, y hacia el río Cuervo.

Hacia el Sur, de las cuevas del Boquerón y de la Solana representan los aspectos espeleológicos más importantes, tratándose ambas de surgencias activas.

Un interesante ejemplo de paleokarst es la Ciudad Encantada, morfología desarrollada sobre calizas turonenses, y muy similar a la de Los Callejones, situado éste en las proximidades del pueblo de Las Majadas.

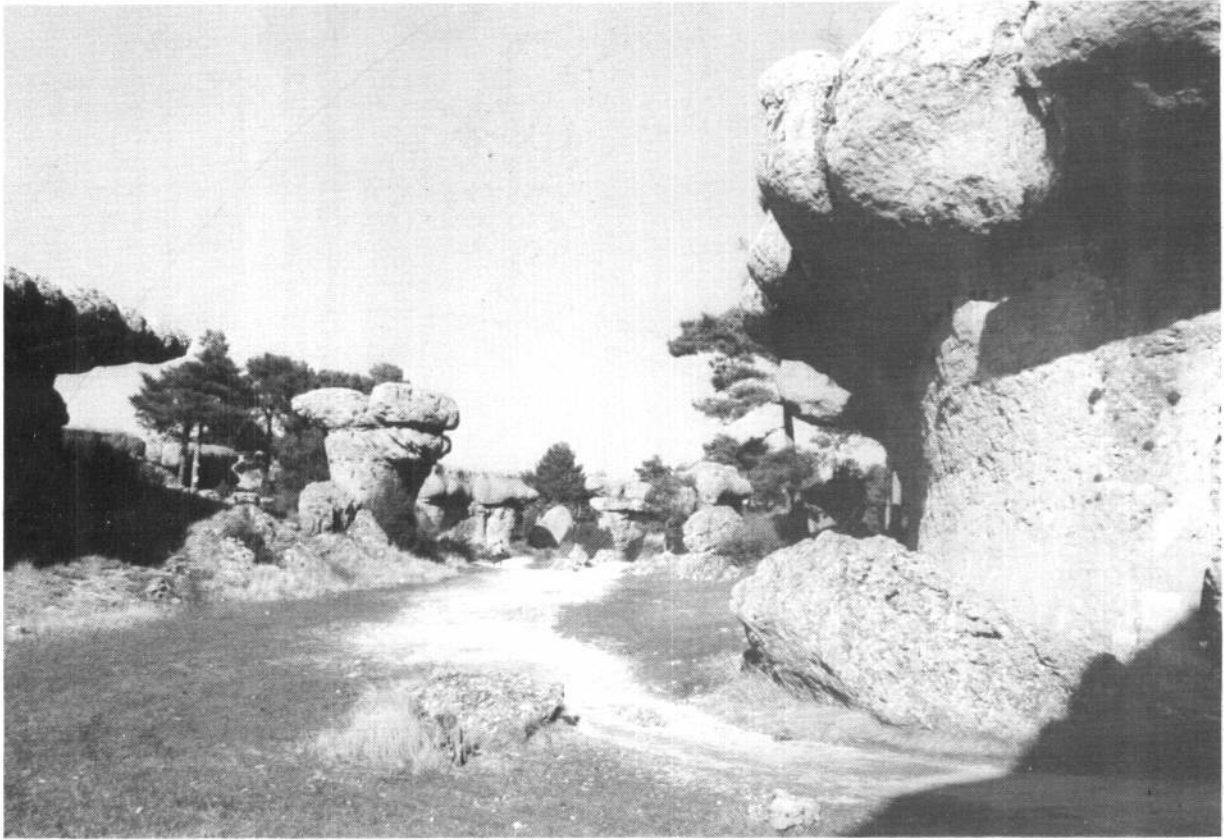
En el extremo meridional de la serranía destacan las Torcas de Palancares y las de Cañada del Hoyo, éstas asociadas al polje abierto del Guadazaón, desarrolladas sobre carbonatos del Cretácico superior y debidas posiblemente a hundimiento por colapso.

Fuera del marco de la Serranía y al N. de ésta, se encuentra la zona del Cañón del Alto Tajo, que constituye una mesa de materiales carbonatados fundamentalmente cretácicos, donde no se presenta apenas circulación superficial encauzada, a excepción del Tajo, siendo fundamentalmente subterránea por la fuerte karstificación de los materiales.

Además de las numerosas surgencias que se encuentran en el propio cañón, destaca la gran cantidad de simas existentes, bien a favor del diaclasado o como sumideros de fondo de dolinas, así como el polje de Villanueva de Alcorón.

Serranía de Albarracín

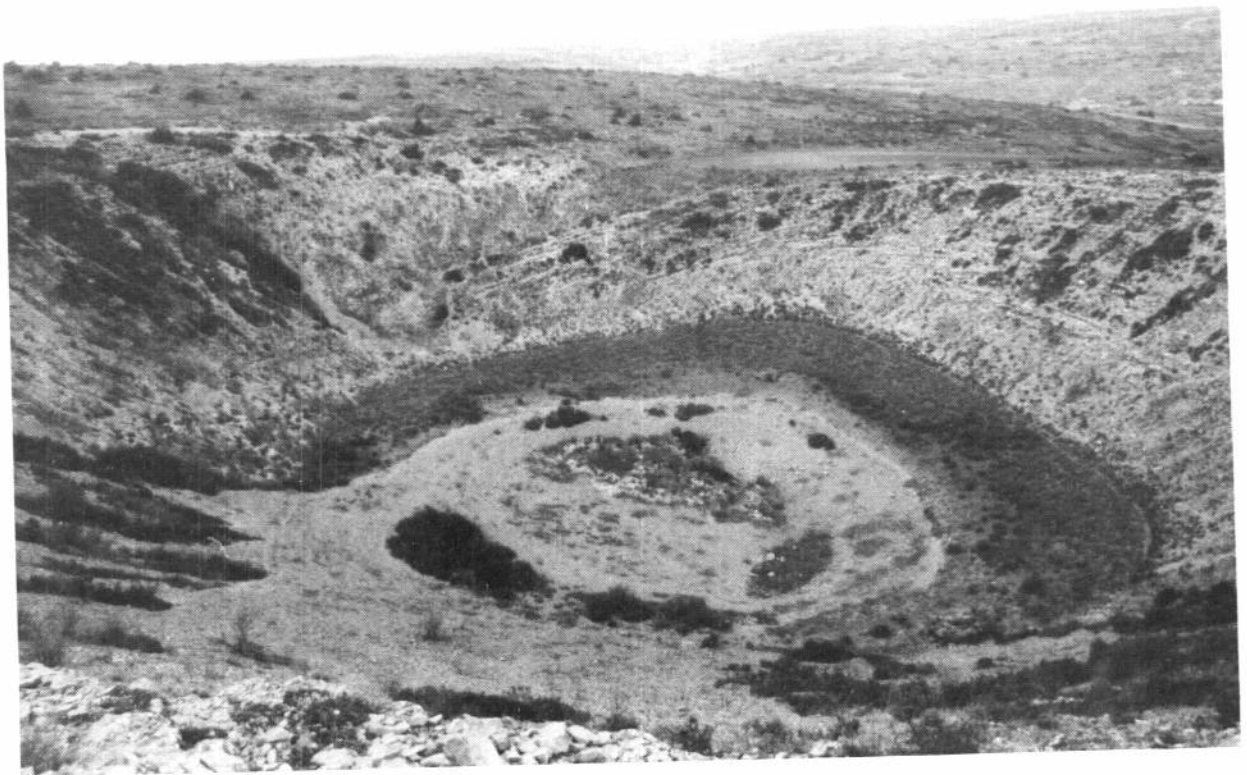
Situada en la rama castellana de la cordillera, en el margen oriental en la provincia de Guadalajara y en la occidental de la de Teruel, presenta áreas de intensa karstificación, en materiales jurásicos y cretácicos.



Ciudad Encantada (Cuenca), ejemplo de Karst exhumado.



Depresión fluvio-kárstica del nacimiento del Tajo.



Dolina en embudo en el Karst de los Llanos de Pozondón (Serranía de Albarracín, Teruel). Estas dolinas se desarrollan en calizas del Dogger, presentando un diámetro entre 100 y 600 m y una profundidad máxima de 100 m.

La Cueva del Tornero, con más de 11 Km de desarrollo, y la mayor de todas las de la Cordillera Ibérica, se presenta en calizas margosas algo dolomitizadas del Lías inferior, siendo una cavidad activa que drena el polje del Cubillo y el talweg del río de la Hoz Seca, en cuyas proximidades se encuentra.

Las regiones de Llanos de Pozondón y Villar del Cobo presentan extensas áreas de dolinización, las más espectaculares de la cordillera, en calizas jurásicas, con profundidades máximas superiores a los cien metros y diámetros entre 100 y 600 m.

En el Cretácico superior carbonatado se encuentran algunos campos de dolinas, como en las Muelas de San Juan.

También existen dolinas aluviales en el glacis sobre substrato jurásico, como puede verse en las proximidades de Orihuela del Tremedal.

Afloramientos noroccidentales de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica

Con esta denominación agrupamos la banda de afloramientos cretácicos desde la Sierra de Cabrejas, al O. de la ciudad de Soria, que se extiende hacia el NO., hasta el N. de Covarrubias, en las estribaciones occidentales de la Sierra de la Demanda, ya en la provincia de Burgos.

La karstificación se limita a los materiales carbonatados del Cretácico superior, siendo las arenas de facies Utrillas o bien los materiales detríticos del Weald los niveles litológicos que suponen la base del proceso. La presencia de estos niveles no karstificables, una tectónica suave que provoca el aislamiento geomorfológico de los materiales solubles, junto a la poca potencia, en general, de los mismos provocan sistemas kársticos de muy reducida extensión y, en general, escasa presencia de eventos espeleológicos de magnitud.

No obstante, la combinación de procesos de disolución con otros de erosión fluvial han creado formas muy espectaculares, como la garganta de la Yecla, con surgencias colgadas algunos metros por encima del nivel del río, paredes subverticales de 60-80 m y anchuras mínimas del orden de menos de 2 m al nivel del agua.

Otro interesante ejemplo es el cañón del río Lobos, con distintas simas penetrables, como las del Carlista y Templarios y la cueva y surgencia de la Galiana. Se trata de un karst de mesa, en que las cavidades se desarrollan fundamentalmente en forma vertical. Las cavidades horizontales se forman, en general, a favor de pequeñas fracturas que en muchos casos son antiguas surgencias, actualmente fósiles y colgadas sobre los cauces de los ríos, debido al encajamiento general de la red hidrográfica.

Continuando la estructura anterior, en la Sierra de Cabrejas destaca la surgencia kárstica de la Fuentona de Muriel, y algo más al E., en un pequeño anticlinal, individualizado del conjunto anterior por una fractura, un pequeño sistema kárstico, cuya surgencia principal es Fuentetoba.

En general, para todo este grupo de sistemas kársticos, la presencia de dolinas y otras formas mayores de absorción es prácticamente inexistente, realizándose a través de lapices y sumideros de escasa envergadura.

Otras zonas de interés

Entre éstas, podemos destacar la Sierra del Moncayo, al N. de la rama aragonesa, en que las formaciones jurásicas marinas de cobertura se encuentran karstificadas, destacando al O. el manantial de Vozmediano, con más de 1.000 l/seg de caudal medio, y el polje abierto del Araviana, con el que al parecer está conectado hidráulicamente.

La Hoz del río Mesa y el río Piedra, donde se encuentra el monasterio del mismo nombre, presentan ejemplos de karstificación en el Cretácico superior de la banda que se sitúa en los límites de las provincias de Guadalajara y Zaragoza.

En la depresión de Montalbán, al N. de la Sierra de San Just, se desarrolla un extenso campo de dolinas sobre el Terciario calcáreo.

La laguna de Gallocanta, en el extremo más septentrional de la depresión del Jiloca, constituye un sistema endorreico cuya alimentación, además de por escorrentía superficial, es debida a aguas de procedencia kárstica, así como su génesis al hundimiento por la karstificación del Cretácico superior infrayacente.

Por último, en las estribaciones septentrionales de la rama castellana (Ayllón, Sierra Gorda, Sierra Ministra, Sierra del Solorio), en los límites de las provincias de Guadalajara y Soria, la karstificación se produce sobre los materiales calcáreos del Jurásico inferior (Lías inferior y medio). El conjunto se encuentra intensamente fracturado, con importantes mecanizaciones debidas a la alta plasticidad del Keuper, de tal manera que no existen grandes sistemas kársticos, sino pequeñas cavidades de escasa importancia, en general fosilizadas por el encajamiento de la red hidrográfica en los materiales del Keuper, gracias a su escasa competencia.

El karst en yesos en la Cordillera Ibérica

Si bien los karsts en yesos principales se localizan en las depresiones intracordillera, puntualmente se encuentran procesos de disolución en yesos y otras sales del Keuper, facies

considerada tradicionalmente como impermeable frente a la karstificación. Esta consideración que puede ser cierta, de manera general, por la presencia de litologías lutíticas y margosas, deja de serlo cuando hay una concentración importante de sales, ya sea en superficie o en profundidad.

Así, existen ejemplos como el sumidero del Castellar (La Pesquera, Cuenca) con más de 100 m lineales de recorrido en sal, en el extremo Sur de la Rama Castellana de la Cordillera.

El proceso se puede manifestar de forma rápida por las altas tasas de disolución de los materiales, como en el caso de Santa Cruz de Moya (Cuenca), donde la disolución de yeso y, sobre todo, de cloruro sódico (unas 4.000 tm de material disuelto en un año) provocó un importante deslizamiento en 1984, o en Paredes de Sigüenza (N. de la provincia de Guadalajara), donde se produjeron varias dolinas en 1981.

En cuanto a las depresiones, cabe destacar en la semifosa de Alfambra-Teruel-Mira el karst en yesos neógenos del área Cuevas Labradas-Villaiba Baja, con profusión de formas de absorción (dolinas en embudo, sumideros, etc.).

En la depresión de Calatayud-Daroca, existe igualmente disolución en los yesos miocenos, como puede observarse en las proximidades de Calatayud y otros puntos de la depresión, aunque, como en el caso anterior, sin gran interés espeleológico.

3.2.5.4. Edad de la karstificación

Para la región central de la Cordillera Ibérica (Gutiérrez y Peña, 1975, 1976, 1977, 1979), la fase de karstificación principal se desarrollaría fundamentalmente en el Plioceno superior, entre el Plioceno medio y el paso del Plioceno al Cuaternario. Esta fase se produjo con posterioridad a la deformación por abombamiento de la superficie de erosión finipontense.

Para la zona del Moncayo se da una edad de karstificación Plioceno-Pleistoceno medio-superior (Sanz, 1984).

Las dolinas aluviales de Orihuela del Tremedal, al N. del macizo paleozoico del Tremedal (Serranía de Albarracín) demuestran la karstificación en periodos recientes del Cuaternario, ya que se desarrollan en la superficie de un glacis de acumulación Cuaternario.

La fase principal de karstificación, Plioceno superior, resulta concordante con la aceptada para otras áreas del Mediterráneo y Europa Occidental.

3.2.5.5. Bibliografía

DURÁN VALSERO, J.J. y DEL VAL MELUS, J. (1984): Incidencia de la disolución kárstica en taludes con materiales hipersu-

lubles. El deslizamiento de Santa Cruz de Moya (Cuenca). *VIII Simposio Nacional "Reconocimiento de macizos rocosos"*. T. 2, pp. 159-172. Madrid.

ERASO, A (1969): Mecanismos sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica: *Boletín Geológico y Minero*. T. LXXX, pp. 42-64.

ERASO ROMERO, A. et al. (1979): Estudio de las Torcas de Palancares y Cañada del Hoyo en el karst de la Serranía de Cuenca. *Revista Kobie*, nº 9, pp. 7-69. Grupo Espeleológico Vizcaíno. Diputación Foral de Vizcaya. Bilbao.

GARAY, P. e IBÁÑEZ, P. (1978): Funcionamiento hidrogeológico del karst de Poyatos-Santa Mª del Val (Serranía de Cuenca). *Lapiaz nº 2*, pp. 41-59. Valencia.

GUTIÉRREZ, M. y PEÑA, J.L. (1975): Karst y periglaciario en la Sierra de Javalambre (Provincia de Teruel). *Bol. Geol. y Min.* nº 86-6, pp. 561-572. Madrid.

GUTIÉRREZ ELORZA, M y PEÑA MONNE, J.L. (1979): El karst de los Llanos de Pozondón (Sierra de Albarracín). *Revista Teruel*, nº 61-62, pp. 1-8. Teruel.

GUTIÉRREZ ELORZA, y PEÑA MONNE, J.L. (1979): El karst de Villar del Cobo (Sierra de Albarracín). *Estudios geológicos*, 35, pp. 651-654. Madrid.

GUTIÉRREZ, M.; PEÑA, J.L. y SIMON, J.L. (1983): El karst en el sector centro-oriental de la Cordillera Ibérica. *Reunión monográfica sobre el karst. Larra 82*, vol. II, pp. 81-93. Diputación Foral de Navarra.

GUTIÉRREZ ELORZA, M; PEÑA MONNE, J.L. y SIMÓN GÓMEZ, J.L. (1983): Los poljes de la región de Torrijos-Abejuelas (Provincias de Teruel, Castellón y Valencia). *Revista Teruel*, nº 69, pp. 99-108. Teruel.

GUTIÉRREZ ELORZA, M; PEÑA MONNE, J.L. y SIMÓN GÓMEZ, J.L. (1983): El polje de Vistabella del Maestrazgo (Provincia de Castellón). *Reunión Monográfica sobre el karst. Larra 82*. Vol. II, pp. 95-104 Diputación Foral de Navarra.

GUTIÉRREZ ELORZA, M; PEÑA MONNE, J.L. y SÁNCHEZ FABRE, M. (1985): Dolinas aluviales en los materiales yasíferos de Villaiba Baja (Teruel). *Actas de la I Reunión del Cuaternario Ibérico*. Lisboa.

IGME (1982): Puntos de interfase geológico. Sector oriental de la Cordillera Ibérica. Maestrazgo. *Varios informes inéditos*. Madrid.

NARCISO LLAMAS, A y ANTONI CASABO, J. (1981): Informe espeleológico para el conocimiento del karst de Espadán. *Lapiaz*, nº 8, pp. 7-11. Valencia.

ORTÍ CABO, F. (1974): El Keuper del Levante Español. *Estudios Geológicos*. Instituto "Lucas Mallada" C.S.I.C. Vol. XXX, pp. 7-46.

PEÑA MONNE et al. (1984): Geomorfología de la provincia de Teruel. *Instituto de Estudios Turolenses de la Excm. Diputación Provincial*, 149 pp. Teruel.

SANZ PÉREZ, E. (1984): El karst del Sur y Oeste del Moncayo. *Tesis doct. Univ. Compl. de Madrid*. Inédita. Madrid.

SEII (1978): El Triángulo Villanueva-Zaorejas-Peñalén. *Jumar*, nº 2, pp. 1-43. Sección de Espeleología de Ingenieros Industriales. Madrid.

SEII (1979): La cueva del Royo Malo (Poyatos, Cuenca). *Jumar*, nº 3, pp. 69-87. Sección de Espeleología de Ingenieros Industriales. Madrid.

3.2.6. Depresiones del Tajo y del Duero

3.2.6.1. Introducción

Se incluye en este capítulo la casi totalidad de la meseta norte (salvo la mitad occidental de León, Zamora y Salamanca), que constituye la cuenca de colmatación terciaria del Duero, junto con el área comprendida dentro del triángulo Sigüenza, San Clemente, Talavera de la Reina, en la que se incluyen los depósitos terciarios del Tajo.



Microlapiaz en yesos miocenos horizontales. Driebes (Guadalajara).

3.2.6.2 Geología

Tanto la evolución de estas cuencas como la litoestratigrafía y geomorfología son, a grandes rasgos, muy similares, por lo que las consideraremos conjuntamente.

Ambas cuencas están rellenas por depósitos netamente continentales, principalmente neógenos, formándose una serie ininterrumpida y completa desde el Burdigaliense hasta el Pontiense superior.

Las denominadas litofacies centrales o químicas, con yesos y otras sales, adquieren un dominio importante en el Vindoboniense y en el Vindoboniense-Pontiense, ocupando en el centro de las cuencas las mayores concentraciones salinas.

3.2.6.3. Manifestaciones kársticas

Los yesos, especialmente en la depresión del Tajo, se presentan muchas veces karstificados, proporcionando caudales acuíferos de baja calidad química. El complejo kárstico subterráneo "Pedro Fernández", en la depresión del Tajo (Estremera, Madrid), con unos 4.000 m de desarrollo (Almendros y Antón, 1983), es el mayor ejemplo de esta karstificación. El emplazamiento se localiza en un plataforma tabular de yesos masivos y margas yesíferas, de edad Burdigaliense superior a Vindoboniense inferior. Predominan los yesos nodulares más superficiales, niveles de arcillas y margas interstratificadas y yesos especulares.

La red kárstica, controlada claramente por fracturas y afectada neotectónicamente, es en la actualidad inactiva hidrogeológicamente.

Por otra parte, las calizas del Páramo, de edad Pontiense, constituyen el techo del relleno Terciario. Se trata de calizas lacustres, blancas o grises, muy claras. Su potencia oscila entre 1 a 30 m en la depresión del Duero y de 10 a 60 m en la del Tajo. Presentan abundantes arcillas rojas de descalcificación y suelen estar karstificadas, especialmente en las zonas de mayor espesor. Constituye un acuífero libre que se recarga por infiltración de la lluvia y se descarga por los manantiales que lo bordean.

Si bien se presentan escasos fenómenos espeleológicos de envergadura, no por ello podemos descartar su potente karstificación, especialmente en los yesos por su alta tasa de disolución.

3.2.6.4. Bibliografía

ALMENDROS, M.A. y ANTÓN, F.J. (1983): El complejo kárstico-yesífero subterráneo Pedro Fernández (Estremera, provincia de Madrid). *Cuadernos do laboratorio Xeolóxico de Laxe*, nº5, pp. 55-72.

IGME (1983): Investigación hidrogeológica básica del sistema nº 88 (10-Bis) (Terciario Sureste de Soria) Cuenca del

Duero. *Colección Informe*, 64 pp. Madrid.

RODRÍGUEZ, S. y LÓPEZ VERA, F. (1980): Algunos aspectos del medio físico de los terrenos yesíferos de la fosa de Madrid, 21 pp. *I Reunión Nacional del Geol. Ambiental y Ordenación del Territorio*. Santander.

3.2.7. El macizo hespérico y zonas adyacentes

3.2.7.1. Introducción

Se han incluido en este apartado Galicia, el Bierzo leonés, las comarcas de Sanabria y Sa-yago en Zamora y la mitad occidental de Salamanca. En la submeseta del sur se incluye la parte no manchega de Albacete, Ciudad Real prácticamente completa y la mitad sur de Toledo; también la cordillera Central; la totalidad de Extremadura y la provincia de Huelva completa.

3.2.7.2. Geología

Corresponde este territorio a la reunión de todos los afloramientos precámbricos y paleozoicos de la Península afectados fundamentalmente por el plegamiento herciniano y cuyo remodelado tectónico posterior ha sido exclusivamente por elevación o hundimiento de bloques. Parte de estos materiales se encuentran cubiertos por depósitos terciarios y han sido descritos en el capítulo anterior, aquí trataremos exclusivamente de los afloramientos precámbricos y paleozoicos, salvo en el caso de los depósitos cretácicos de uno y otro lado de la Cordillera Central y el Mesozoico tabular de Ciudad Real (SE) y Albacete (S).

En el Macizo Hespérico, los materiales karstificables se reducen a los escasos afloramientos de calizas cámbricas y devónicas; con frecuencia se encuentran interstratificados con otras litologías, de tipo pizarroso. Las potencias no suelen ser importantes (del orden de 50 m), así como las morfologías kársticas y el interés hidrogeológico de estas formaciones. Mucha mayor importancia en cuanto a potencia de material karstificable tienen los afloramientos calizos del Jurásico y Liásico manchego, cuya diferenciación con los mismos materiales del Prebético situado más hacia el sureste es exclusivamente de grado de plegamiento.

3.2.7.3. Manifestaciones kársticas

Cretácico de la Cordillera Central

La Cueva del Reguerillo en la provincia de Madrid se sitúa en una banda alargada de calizas del Cretácico superior; con más de 8 km de desarrollo representa la más importante morfología endokárstica del área. Al norte de la cordillera no existen grandes cavidades, si bien son numerosas las cuevas de corto desarrollo exis-

tentes en el entorno de la ciudad de Segovia, valles bajos del río Clamores y arroyo de Tejadilla.

Calizas paleozoicas del Macizo Hespérico

Se localizan en afloramientos discontinuos a lo largo del tercio Oeste de la Península Ibérica. Constituyen acuíferos de interés secundario, si bien a veces la karstificación está muy desarrollada. No suelen presentar morfologías kársticas superficiales acusadas.

Las cavidades más destacadas en estas calizas paleozoicas son: Cueva del Rey Cintiolo (Lugo), con 7.000 m de recorrido; Gruta de las Maravillas (Huelva), explotada turísticamente; la Cueva del Aguila (Aviia), con una gran sala del orden de los 20.000 m³ de volumen y, por último, la Cueva de Maltravieso, de interés arqueológico, localizada en el karst de Cáceres, que ha presentado y presenta frecuentes problemas geotécnicos.

Acuífero kárstico del Lías Manchego

El Lías Manchego abarca una considerable extensión entre las provincias de Ciudad Real y Albacete. Prácticamente sin plegar, constituye una tabla de material carbonatado que se sitúa (junto con el Trías) sobre el Paleozoico del Macizo Hespérico. La importancia hidrogeológica de estas calizas jurásicas es grande. Geomorfológicamente, sus relieves son extremadamente suaves, con depresiones cerradas de escasa profundidad y gran cantidad de «terra rosa», propensos a la generación de endorreísmos.

Entre las formas remarcables están las lagunas de Ruidera, rosario de lagunas fluviokársticas, que drenan un sector del acuífero, cabeceira hidrogeológica y origen geográfico del río Guadiana.

SEII (1982): El karst de Prádena (Segovia). *Jumar*, n.º 5, pp. 89-104. Madrid.

HERRERO, N. (1979): Esquema geológico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid). *Jumar*, n.º 3, pp. 1-17. Madrid.

ERASO, A. et al. (1980): Estudio del karst del Cañón del Duratón (Segovia). *Kobie*, n.º 10, pp. 53-127. Diputación Foral de Vizcaya. Bilbao.

VEGAS, R. (1971): Geología de la región comprendida entre Sierra Morena Occidental y las Sierras del Norte de la provincia de Cáceres (Extremadura española). *Bol. del I. Geológico y Minero de España*, t. XXXII. Madrid.

3.2.8. El karst en las islas Baleares

3.2.8.1. Introducción

El estudio del karst en las islas Baleares reviste particular importancia por varios aspectos: Por un lado, gran parte de sus recursos hi-

dricos aprovechables provienen de acuíferos kársticos; por otro, la historia geomorfológica del karst balear, encuadrada dentro de la evolución geológica reciente (oscilaciones del nivel del mar Mediterráneo, cambios climáticos, neotectónica, etc.), adquiere gran interés en un marco isleño, con analogías y diferencias entre cada isla del archipiélago y respecto a otras zonas kársticas ribereñas del Mediterráneo. Por último, el acentuado carácter turístico de las islas ha repercutido de alguna manera en el karst: el acondicionamiento de numerosas cavidades para su visita turística, adquiriendo en algún caso renombre internacional, como las famosas Coves del Drach, en la isla de Mallorca.

3.2.8.2. Geología

El archipiélago balear constituye la parte culminante, emergida, del denominado Promontorio Balear, prolongación estructural hacia el NE. de las Cordilleras Béticas.

Las diversas islas del archipiélago presentan características geológicas diversas, en relación sobre todo a las series estratigráficas y abundancia de materiales karstificables, por lo cual se describirán independientemente.

Isla de Mallorca: Posee tres dominios geológicos diferentes:

- Sierra Norte o *Tramuntana*.
- La Sierra de Levante o *Llevant*.
- El Llano Central y la Marina de Levante.

— La Sierra Norte representa un conjunto montañoso, con las mayores alturas de las islas Baleares, y que extiende sus vigorosos relieves en dirección NE-SW. Estos están constituidos por materiales calizo-dolomíticos mesozoicos y terciarios, separados por corredores de materiales triásicos.

Las litologías karstificables se presentan en el Trías (calizas y dolomías negras del Muschelkalk, de escasa importancia, y yesos en el Buntsandstein superior y el Keuper, con karstificación escasa), Jurásico y Burdigaliense.

El Jurásico (fundamentalmente el Lías) está formado por dolomías, calizas y calizas oolíticas con espesores que pueden superar los 500 m. Se encuentra profusamente plegado, imbricado en escamas tectónicas y fracturado, lo cual facilita su intensa karstificación. Estos materiales son los que presentan la morfología kárstica más desarrollada de las Baleares.

El Burdigaliense también ofrece en la Sierra Norte unas facies conglomeráticas carbonatadas muy propensas a la karstificación.

— La Sierra de Levante, a diferencia de la Sierra Norte, posee un relieve más suave y compartimentado, ocupando mayor extensión los materiales margosos y margocalizos mesozoicos, en detrimento de las formaciones karstifi-



Cañón del río Duratón (Segovia), sobre rocas carbonatados cretácicas.

cables. Estas se encuentran también en las calizas del Lías, si bien alcanzan menores potencias que en la Sierra Norte.

La isla de Cabrera constituye una prolongación de los materiales carbonatados jurásicos de la Sierra de Levante.

— El Llano Central y la Marina de Levante. El Llano Central es una cubeta rellena de sedimentos neógeno-cuaternarios, en continuidad al S. y E. con la Marina de Levante. Los materiales karstificables (dispuestos horizontalmente) son las calizas detríticas, bioclásticas y biohermales del Vindoboniense, que pueden llegar a alcanzar 500 m de potencia, si bien debido a los frecuentes cambios laterales de facies, los espesores son muy variables. Estas calizas y calcarenitas se hallan bien expuestas a lo largo de la Marina de Levante.

También existen yesos en el Burdigaliense medio, intercalados con margas que, si bien no suelen aflorar en superficie, han sido detectados con frecuencia en profundidad.

Isla de Menorca: Puede dividirse geológicamente en dos regiones:

— El Sector Norte o *Tramuntana*, constituida por materiales paleozoicos y mesozoicos; estos últimos, predominantemente calizo-dolomíticos. El Jurásico comprende una serie dolomítica de más de 200 m de espesor (Lías-Dogger y parte del Malm), que pasa a techo a calizas. En el Cretácico inferior también existen facies carbonatadas, de calizas biodetríticas masivas.

También el Trías ofrece la típica barra carbonatada del Muschelkalk (de más de 50 m de espesor) y yesos diseminados entre las arcillas y margas del Keuper.

— La región meridional o *Migjorn*, caracterizada por la presencia de materiales neógenos, de carácter detrítico-carbonatado. El Mioceno superior, horizontal, constituye la masa principal del Migjorn, calcarenítica y pararecifal, fácilmente karstificable.

Isla de Ibiza: Aparecen los siguientes materiales karstificables, entre los numerosos afloramientos cuaternarios que cubren la isla:

En el Trías, dolomías, calizas dolomíticas y calizas del Muschelkalk (150 m de potencia) y yesos escasos, incluidos en las mangas abigarradas del Keuper.

El Jurásico inferior y medio no ha sido datado en Ibiza, si bien pudiera estar representado en unas formaciones dolomíticas y calizo-dolomíticas situadas a techo del Keuper. No presentan en esta ocasión el carácter altamente karstificable típico del Lías Balear.

En el tránsito Jurásico-Cretácico se distinguen dos series con materiales carbonatados: la serie de San José y la de Eubarca, ambas

con calizas masivas organógenas muy karstificadas, con espesores de hasta 80 m.

La serie de Eubarca continúa siendo de carácter carbonatado en el Cretácico inferior, con calizas de facies Urgoniana y karstificación muy intensa.

El Cretácico superior es nuevamente calizo en ambas series, y está representado por calizas masivas de color marfil.

Por último, consignar la presencia de escasos afloramientos de Tortoniense calizo-calcarenítico, con una potencia de unos 20 m.

Isla de Formentera: Prácticamente la totalidad de la isla está cubierta por depósitos cuaternarios (parte importante de los cuales son costras calizas) que cubren las formaciones subyacentes; a lo largo de la orla costera afloran depósitos calcareníticos y calizos del Mioceno superior.

3.2.8.3. Manifestaciones kársticas

Características del karst balear

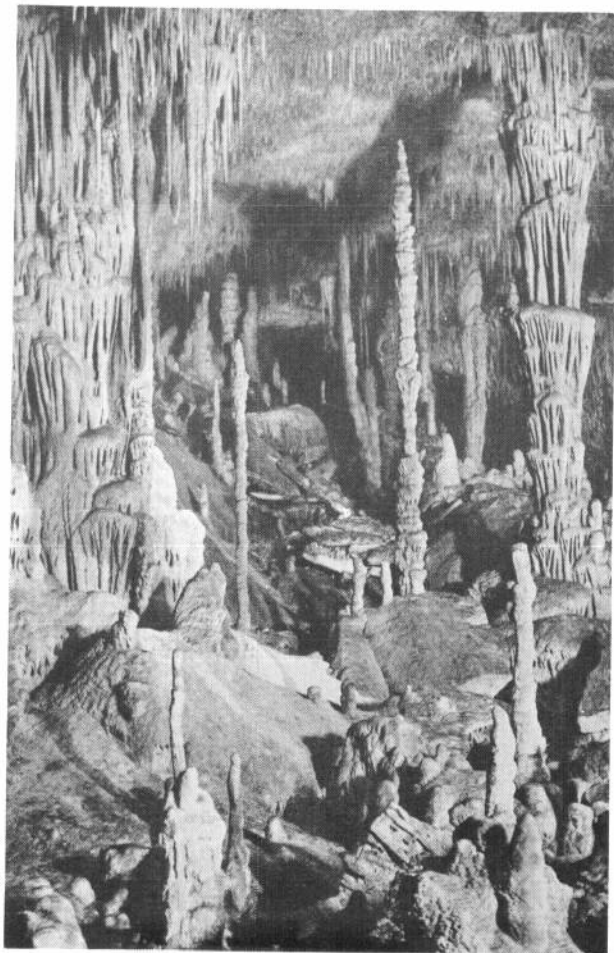
La singularidad geológica de cada isla del archipiélago hace que el desarrollo de la karstificación sea, asimismo, diverso. Así, la isla de Mallorca es la que posee macizos kársticos más extensos y desarrollados, con gran riqueza de formas en superficie y profundidad; en el polo opuesto se encuentra Formentera, debido a su precaria extensión y a las litologías aflorantes. Ibiza y Menorca ofrecen características intermedias, si bien en la primera el aspecto hidrogeológico de los macizos kársticos mesozoicos adquiere particular importancia.

El karst mallorquín

Dentro de los tres conjuntos geológicos de Mallorca pueden distinguirse, a su vez, tres regiones kársticas de interés. Por orden de importancia son: El sector septentrional de la Sierra Norte (desde Sóller al Cabo de Formentor), la Marina de Levante y el sector Norte de la Sierra de Levante.

La Sierra Norte presenta una gradación de los fenómenos kársticos de sur a norte, ganando intensidad y desarrollo en ese sentido. El sector septentrional muestra una riqueza morfológica kárstica notable, destacando los campos de lapiaces, verdaderamente espectaculares, labrados en las calizas del Lías y los conglomerados Burdigalienses de las zonas de Lluc, Mortitx y Sa Calobra.

En cuanto a las formas mayores de absorción, son frecuentes los campos de dolinas (siendo escasas las relacionadas con hundimientos; GINES y otros, 1979) y, por el contrario, muy escasos los poljes. Son remarcables las dolinas



Las Coves del Drach (Porto Cristo. Mallorca).



Torret de Pareis, cañón kárstico en calizas jurásicas y burdigalienses. Sa Calobra (Mallorca).

del sector de Escorca. La única morfología asimilable a un polje es la depresión denominada Sa Coma de Son Torrella, con 1,5 km de eje mayor, adaptada a las directrices estructurales mayores, con fondo plano y drenada subterráneamente por Sa Font d'es Verger. Otras dos grandes depresiones mallorquinas son: El Pla de Ses Basses, situado en la península de Formentor, con 40.000 m² de superficie y un ponor penetrable de 130 m de profundidad y Sa Coma de Mortitx, drenada por el Avenc de S'Aigó, sima de 114 m de vertical absoluta.

Otras formas superficiales frecuentes son los cañones kársticos, destacando el espectacular Torrent de Pareis, que desemboca al mar en Sa Calobra, con paredes verticales de hasta 200 m de altura.

En cuanto a cavidades, predominan las de desarrollo preferentemente vertical (simas), con numerosos ejemplos que superan los 100 m. En general no cortan el nivel freático, constituyendo puntos preferenciales de absorción ligados a depresiones cerradas o de cursos de aguas superficiales.

La cavidad más profunda de Mallorca es la Cova de Sa Campana (Escorca), con 317 m de profundidad, y cuya evolución está ligada a procesos clásticos importantes.

Las cavidades de desarrollo horizontal suelen encontrarse asociadas a puntos de drenaje (surgencias), con recorridos penetrables del orden de algún centenar de metros. Es destacable el hecho constatado de la existencia de numerosas surgencias kársticas que drenan directamente al mar.

La Sierra y la Marina de Levante presentan un karst menos espectacular en su modelado. En la marina de Levante se desarrolla la karstificación en materiales miocenos de facies pararecifales. Las morfologías superficiales son escasas encontrándose con frecuencia cubiertas por grandes cantidades de «terra rosa»; sin embargo, el desarrollo subterráneo es importante como lo demuestra la existencia de numerosas cavidades, de desarrollo horizontal, algunas de extraordinaria importancia turística: es el caso de las Cuevas del Drac y dels Hams, ambas en las cercanías de Porto Cristo.

El hecho de que existan cavidades en relación con el nivel freático actual, y en íntima conexión con el mar (como ocurre en las cuevas del Drac), hace suponer un drenaje importante hacia la costa, a través de los materiales miocenos, y con posible recarga lateral de los materiales jurásicos de la Sierra de Levante.

En el Sector Norte de esta última existen cavidades de tendencia vertical de hasta 150 m de profundidad; los macizos kársticos están, sin embargo, muy compartimentados, posibilitando la existencia de numerosos bloques hidrogeológicos diferentes.

En las calizas jurásicas de este sector se abre otra famosa cueva turística: la Cueva de Artá, fuertemente concrecionada y de notable belleza.

El karst en Ibiza, Menorca y Formentera

Las formaciones karstificables poseen en estas islas una menor importancia relativa respecto a Mallorca. En Ibiza, las calizas y dolomías triásicas, las calizas del Jurásico Superior y las calizas urgonianas cretácicas son las litologías kársticas más importantes.

Como morfologías superficiales destacables, cabe citar el polje de San Mateo (2 km de eje mayor) y el de Santa Inés o Corona (de alrededor de 2.100 m de diámetro), cuya surgencia asociada drena hacia el NW a una distancia de 500 m en la horizontal y 70-80 m de diferencia de cota (VILA, 1961).

En cuanto a cavidades, no existen redes subterráneas de gran desarrollo ni profundidad; únicamente mencionar la llamada Cova Santa, cavidad turística de pequeña entidad en el municipio de San José.

En Menorca, el karst está desarrollado en las calizas jurásicas de la Tramontana y en calcarenitas del Migjorn. No se conocen cavidades de envergadura, destacando por su reputación la Cueva Na Pulida, con espeleotemas de gran belleza.

En la isla de Formentera, apenas existen afloramientos karstificables y las escasas morfologías subterráneas se encuentran ligadas con frecuencia a procesos mixtos marinos y kársticos.

3.2.8.4. Edad de la karstificación

Dentro del conjunto balear, la isla de Mallorca ha sido el principal objeto de investigaciones sobre la edad de las distintas fases de karstificación. Por ello, resumiremos brevemente las ideas de GINES et al. (1979) al respecto:

La primera fase detectada de karstificación se atribuye al Pleoceno, cuyos efectos han sido posteriormente obliterados por la erosión.

Durante el neógeno, la actividad kárstica es intensa, y pueden detectarse un mínimo de cuatro episodios de karstificación (que llegan a afectar a los arrecifes messinienses incluidos en los depósitos miocenos), relacionados con cambios del nivel del mar.

Datos referidos a sedimentos de cuevas (fauna fósil y dataciones paleomagnéticas) averiguan fases de karstificación Pliocenas, tanto en la Sierra Norte como en la de Levante.

Por último, en el Cuaternario han sido muy intensos los procesos de fosilización de cavidades mediante rellenos de espeleotemas freáticos.

cos, especialmente desde el período interglacial Gunz-Mindel (GINES et al., 1979), en íntima relación con variaciones eustáticas del nivel del Mediterráneo.

Estos rellenos, su génesis y edad han sido ampliamente estudiados por GINES (1974), POMAR et al. (1976), GINES et al. (1981), HENNING et al. (1981), entre otros trabajos de interés, referidos fundamentalmente a las formaciones existentes en la cueva de Sa Bassa Blanca, verdadero exponente de cavidad kárstica de interés científico, y que merecería en la actualidad algún tipo de protección oficial que, al tiempo que permita la continuidad de las investigaciones, asegure su conservación.

HENNING et al. (1981) han datado concreciones en la Cova de Sa Bassa Blanca con edades que pueden oscilar entre 187.000 y más de 350.000 años B.P.

3.2.9. El karst en las Cordilleras Béticas

3.2.9.1. Introducción

Las Cordilleras Béticas constituyen el conjunto de alineaciones montañosas alpinas que ocupa el Sur de la Península Ibérica; se extienden desde la provincia de Cádiz hasta el Sur de la de Valencia. El límite Norte viene marcado por la cuña sedimentaria de la Depresión del Guadalquivir (ligada tectosedimentariamente al orógeno Bético) y, hacia el NE por los materiales mesozoicos de la cobertera del Macizo Hespérico y los pertenecientes al Sistema Ibérico.

Dentro de las Cordilleras Béticas, pueden distinguirse diversos conjuntos de rangos diferentes (Zonas, Dominios, Unidades) que, respondiendo a criterios estructurales, estratigráficos y paleogeográficos, tienen también un claro reflejo geomorfológico e hidrogeológico; su caracterización es, pues, de gran interés para el estudio del karst.

3.2.9.2. Geología

División de las Cordilleras Béticas

Las Cordilleras Béticas pueden dividirse, en primera instancia, en Zonas Externas e Internas. Las primeras responden a un conjunto de materiales mesozoicos y terciarios, de naturaleza sedimentaria margoso-carbonatada, depositados en una cuenca marina de tipo geosinclinal y estructurados posteriormente en mantos de corrimiento, con tectónica de cobertera, bien diferenciada del zócalo paleozoico, no aflorante.

Las Zonas Internas corresponden a materiales afectados, en mayor o menor grado, por el metamorfismo, estructura dos en grandes mantos de corrimiento, sin diferenciación de zócalo y cobertera. Las edades abarcan desde el Pre-

cámbrico hasta el Terciario, si bien mayoritariamente puede admitirse una edad Paleozoico-Trías superior.

Ambas Zonas se subdividen en unidades de menor entidad; las *Zonas Externas* comprenden, de N a S (de mayor a menor cercanía al continente):

- Prebético.
- Unidades Intermedias.
- Subbético/Penibético.

A su vez, Prebético y Subbético se dividen en Externo, Medio (sólo el Subbético) e Interno, presentando variaciones en las respectivas columnas estratigráficas.

En términos generales, presentan materiales karstificables en el Jurásico (fundamentalmente el Lías) y en el caso del Prebético, también en el Cretácico (superior).

El Trías asociado al Subbético comporta materiales yesíferos karstificables, aflorantes en áreas muy extensas (manchas triásicas de Antequera y Cambil).

En las *Zonas Internas* se diferencian, en función de su posición estructural, 3 conjuntos apilados tectónicamente; son, de abajo hacia arriba:

- Complejo Nevado - Filábride.
- Complejo Alpujárride.
- Complejo Maláguide.

A estos grandes conjuntos habría que añadir la denominada Dorsal Bética, constituida por un pequeño ribete de materiales post-paleozoicos, mayoritariamente carbonatados, que se sitúa discontinuamente en el contacto de las Zonas Internas con las Externas.

La formación karstificable de mayor importancia la constituyen las calizas y dolomías (generalmente marmorizadas) del Trías medio-superior del Complejo Alpujárride.

El Trías y Jurásico de la Dorsal Bética y los pequeños afloramientos Jurásico-Terciarios del Complejo Maláguide completan, genéricamente, los materiales karstificables de las Zonas Internas.

Además de las Zonas Externas e Internas, existen otros dominios individualizables en las Cordilleras Béticas. Estos son: El Complejo de Flyschs del Campo de Gibraltar, las Depresiones Intramontañosas y los materiales volcánicos recientes del SE. Tan sólo algunas depresiones intramontañosas, rellenas por materiales terciarios presentan materiales karstificables. Destacan por su interés los materiales yesíferos fini-miocenos, que albergan sistemas kársticos de importancia mundial (karst yesífero de Sorbas, Almería).

3.2.9.3. Manifestaciones kársticas

El karst en las Zonas Externas

Las Zonas Externas se caracterizan geomorfológicamente por presentar relieves vigorosos de naturaleza carbonatada, alternantes con «corredores» más o menos deprimidos, de naturaleza margosa. Los macizos carbonatados suelen corresponder con estructuras anticlinales, si bien en detalle se encuentran con frecuencia profundamente fracturados, plegados y escamados.

Este simple esquema geomorfológico ayuda a comprender la hidrogeología de los macizos kársticos, confinados frecuentemente por materiales impermeables; el Trías suele hacer el papel de nivel *impermeable* basal, si bien otras formaciones jurásicas, cretácicas y terciarias ejercen también el papel de sello hidráulico.

Las características hidrogeológicas de los acuíferos kársticos de las Cordilleras Béticas han sido establecidas recientemente por Benavente et al. (1986).

Prebético

Entre los macizos kársticos Prebéticos son destacables las sierras de Cazorla y Segura, que albergan campos de dolinas a alturas cercanas a los 2.000 m, y cavidades de gran envergadura. El Calar del Río Mundo (Albacete) constituye un macizo de 55 km², orientado SW-NE, con notable desarrollo de depresiones cerradas y cavidades fundamentalmente labradas en calizas Senonenses, plegadas suavemente y muy fracturadas. Entre las depresiones pueden citarse 4 poljes, el mayor de los cuales mide 4 km de eje mayor (polje de los Mojones) (López, 1974). El polje de la Fuente del Espino posee actividad hidrogeológica notable, inundándose con frecuencia.

En relación con la descarga del macizo se localiza la Cueva de los Chorros, surgencia que da origen al Río Mundo. Esta cavidad, con 14.600 m topografiados es la mayor de la mitad meridional peninsular.

El río Mundo, posteriormente se encaja en un cañón kárstico (el Congosto de los Almadenes), unos kilómetros antes de desembocar en el Río Segura.

La Sierra del Puerto, dispuesta al noroeste de la provincia de Murcia, está formada principalmente por calizas y dolomías del Cretácico Superior. Destaca por la presencia en su interior de la Cueva del Puerto con un desarrollo próximo a los 6.000 m y un desnivel de 100 m.

La Sierra del Taibilla situada entre las provincias de Murcia y Albacete, destaca por la presencia de cañones kársticos, en ocasiones de importantes desniveles y frecuentes campos de dolinas en alturas elevadas.

Es de destacar la presencia de surgencias con caudal importante como en el caso del manantial del Marqués con 400 l/seg de caudal medio, o el de Archivel, con 160 l/seg.

En la provincia de Alicante destacan como formas exokársticas los poljes de Pla de Llacuna cerca de Cocentaina y el de Javea, así como numerosos cañones kársticos como el del nacimiento del río Algar, con caudales medios de 250 l/seg, el cañón del Infierno, el cañón de Trollos, etcétera.

En Sierra Aitana debe existir karstificación muy intensa como lo prueba el hecho de producirse un ascenso muy rápido en los piezómetros, de hasta 3 m en cuestión de días; aunque todavía no se hayan descubierto grandes cavidades en su interior, no se descarta la posibilidad de que éstas se descubran en un futuro próximo.

Lo mismo puede decirse de la zona de Puig Campana, en donde se ha observado la no fluctuación de niveles piezométricos, debido quizás a la alta transmisividad existente en el interior, comparable a la del agua superficial.

El macizo del Cabezo d'or destaca por la presencia de la cueva de Canalobre, de gran interés turístico por sus espectaculares formas endokársticas.

En la Sierra de Mustalla (Valencia) se dispone el manantial del mismo nombre, que con caudales de 1.500 l/seg es uno de los más importantes de todo el Levante y cuyo curso se infiltra directamente en la Plana de Gandía.

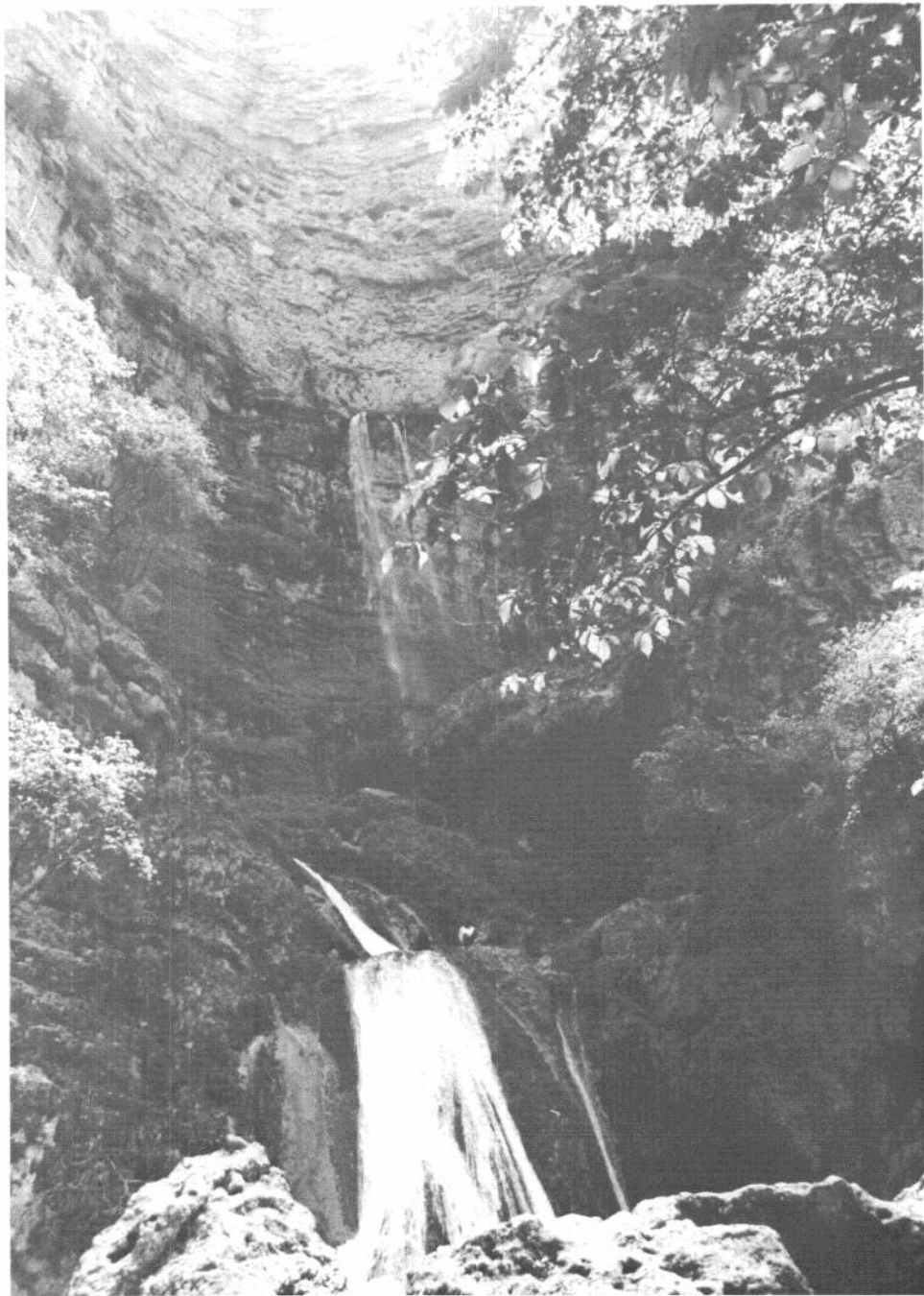
El macizo de Montduver cerca de Gandía, se presenta con karstificación elevada, destacando como formas exokársticas el polje de Barig con más de 3.000 m de longitud por algo más de 1.000 m de anchura.

A unos 2 km al oeste del polje de Barig, destacan unos campos de dolinas y uvalas, así como el cañón del río Albaida con notables desniveles.

Dentro del macizo central de Valencia, que forma parte de los Sistemas Bético e Ibérico, destaca por su espectacularidad los Chorradores y Garganta del Júcar que entalla las calizas y dolomías mesozoicas, con desniveles del orden de 500 a 600 m e incluso más. Todo el macizo se encuentra con un estado de karstificación muy elevado, como se reconoce en la presencia de numerosas cuevas (de los Arroces, cueva del Candil, cueva de Las Dones, etc.) de pequeño desarrollo.

En la sierra de Cazorla (Jaén), nace también otro río importante de origen kárstico: el Guadalquivir, en la Cañada de las Fuentes, a 1.340 m de altitud.

En Castril (ya en la provincia de Granada), se localiza la Cueva de Don Fernando, con más de 2.000 m de desarrollo y 205 m de profundidad,



*Surgencia de la Cueva de los Chorros: El Nacimiento del río Mundo.
Prebético. (Riopar, Albacete).*

y el nacimiento del río Castril, importante surgencia kárstica.

Subbético Externo

Entre los numerosos macizos kársticos pertenecientes al Subbético Externo, destaca el Macizo de Cabra (Córdoba) con 3 poljes de grandes dimensiones, estudiados por LHENAFF (1975). También se localiza aquí la famosa Sima de Cabra (165 m), citada por Cervantes en *El Quijote* y parte de la mitología popular en la comarca.

La Sierra Mágina (Jaén) suministra un buen ejemplo de «karst supraforestal mediterráneo» (GARCIA-ROSELL y PEZZI, 1975), con formas convergentes entre la karstificación y el periglacionismo.

En la Sierra de Rute (Córdoba) se localiza la Garganta de la Hoz, en cuyo extremo meridional surge el Manantial de la Hoz, fuente vaclásiana kárstica de 1.000 l/seg, en la actualidad captada y regulada para abastecimiento.

Subbético Medio

El Subbético Medio es el dominio menos rico en macizos kársticos, debido a la naturaleza margosa del Jurásico medio y superior. Sólo el Lías es karstificable, apareciendo morfologías kársticas de interés secundario.

Subbético Interno-Penibético

Sin embargo, el Subbético Interno y el Penibético, presentan una riqueza y variedad excepcional de manifestaciones kársticas, sobre todo en el tercio occidental de la Cordillera (Serranía de Ronda, entre las provincias de Málaga y Cádiz).

Particularmente destacable es la Sierra de Líbar, (Lhenaff, 1977) que presenta innumerables depresiones cerradas de tamaño kilométrico a métrico (poljes, campos de dolinas, etcétera), cuevas, simas y surgencias de excepcional magnitud. Algunos ejemplos que podrían señalarse con el Sistema Hundidero-Gato (Málaga) con más de 8.000 m topografiados, y que probablemente supera los 10 km de desarrollo total. Este complejo kárstico es el responsable del abandono de la Presa de Montejaque (o Presa de los Caballeros), que pretendía embalsar las aguas procedentes del río Gaduares antes de sumirse en la red subterránea, por la boca de Hundidero.

La surgencia del Complejo (boca de Gato), llega a evacuar caudales punta de 15.000 l/seg, manteniendo caudales de base del orden de 150 l/seg.

El polje de Benaoján, la Sima de Republica-

nos (con más de 200 m de profundidad), la Cueva de la Pileta (cavidad de interés arqueológico y abierta al turismo), son otras formas kársticas importantes de la región, junto con el cañón kárstico de las Angosturas del Guadiaro, entre las localidades de Cortes de la Frontera y Gaucín (Málaga).

También, en el sector limítrofe entre Cádiz y Málaga (términos municipales de Jerez de la Frontera y Cortes de la Frontera) se sitúa el Complejo de las Motillas-Ramblazo, con 4.751 m de desarrollo, en calizas del Penibético (Santiago, 1980), y ya en la provincia de Cádiz la Sima de Villaluenga y la Sima de las Grajas, con 250 m y 220 m de profundidad respectivamente.

Otro macizo penibético importante es el conocido Torcal de Antequera. Consiste en un «típico karst de mesa» (Cabanas, 1960), donde destaca un campo de depresiones irregulares con morfología ruiniforme instalado en calizas jurásicas plegadas en «champiñón». La disposición horizontal de los estratos, la intensa fracturación, la disolución y el periglacionismo (Pezzi, 1975 y 1977), han modelado un paisaje verdaderamente espectacular, con inmensos corredores kársticos, simas, etc. que, actualmente goza de protección oficial tras la declaración de Parque Natural en 1978.

Cabe destacar también, algo más al W, el desfiladero de los Gaitanes, en el paraje conocido como El Chorro, cañón kárstico de más de 300 m de altura, por el que discurre el río Guadalhorce.

En el Subbético Interno (prolongación paleogeográfica del Penibético), la karstificación está bien desarrollada en los macizos de Sierra Gorda y Sierra Arana, ambos en la provincia de Granada.

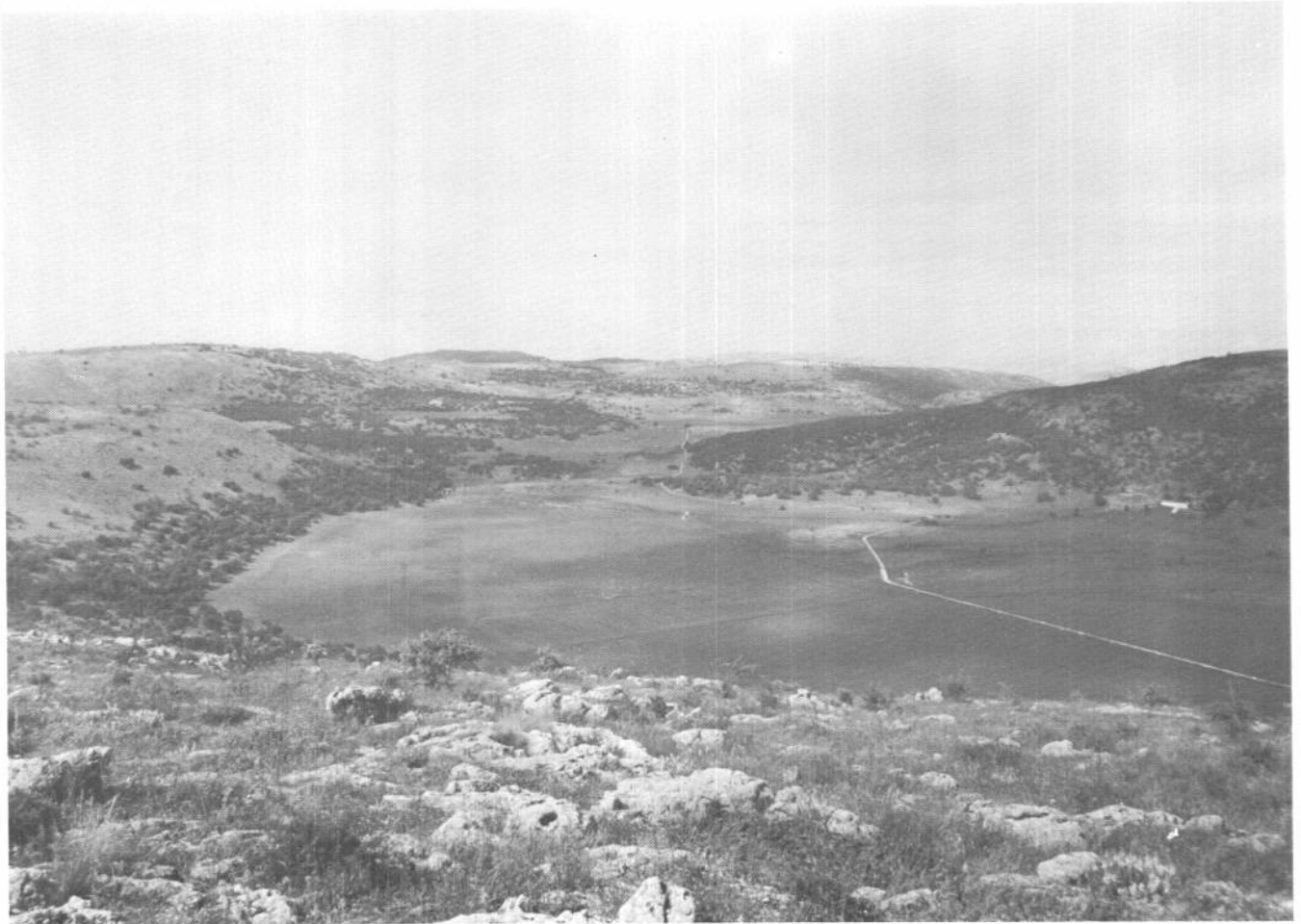
En el primero, cabe destacar los extensos campos de poljes y dolinas, entre ellos, el Polje de Zafarraya, la mayor depresión kárstica de España (28 km²) (Lhenaff, 1968; Pezzi, 1977). En su conjunto, Sierra Gorda, constituye uno de los mayores acuíferos kársticos de las Cordilleras Béticas, si bien curiosamente, no posee un interés espeleológico del mismo rango. Únicamente es destacable el Complejo Sierra Rica-Redil, con —124 m y 795 m de desarrollo.

En Sierra Arana se localiza la Cueva del Agua (Iznalloz, Granada), con más de 1.000 m de recorrido y 160 m de profundidad, y la Cueva del Agua de Prado Negro, con 1.020 m de longitud.

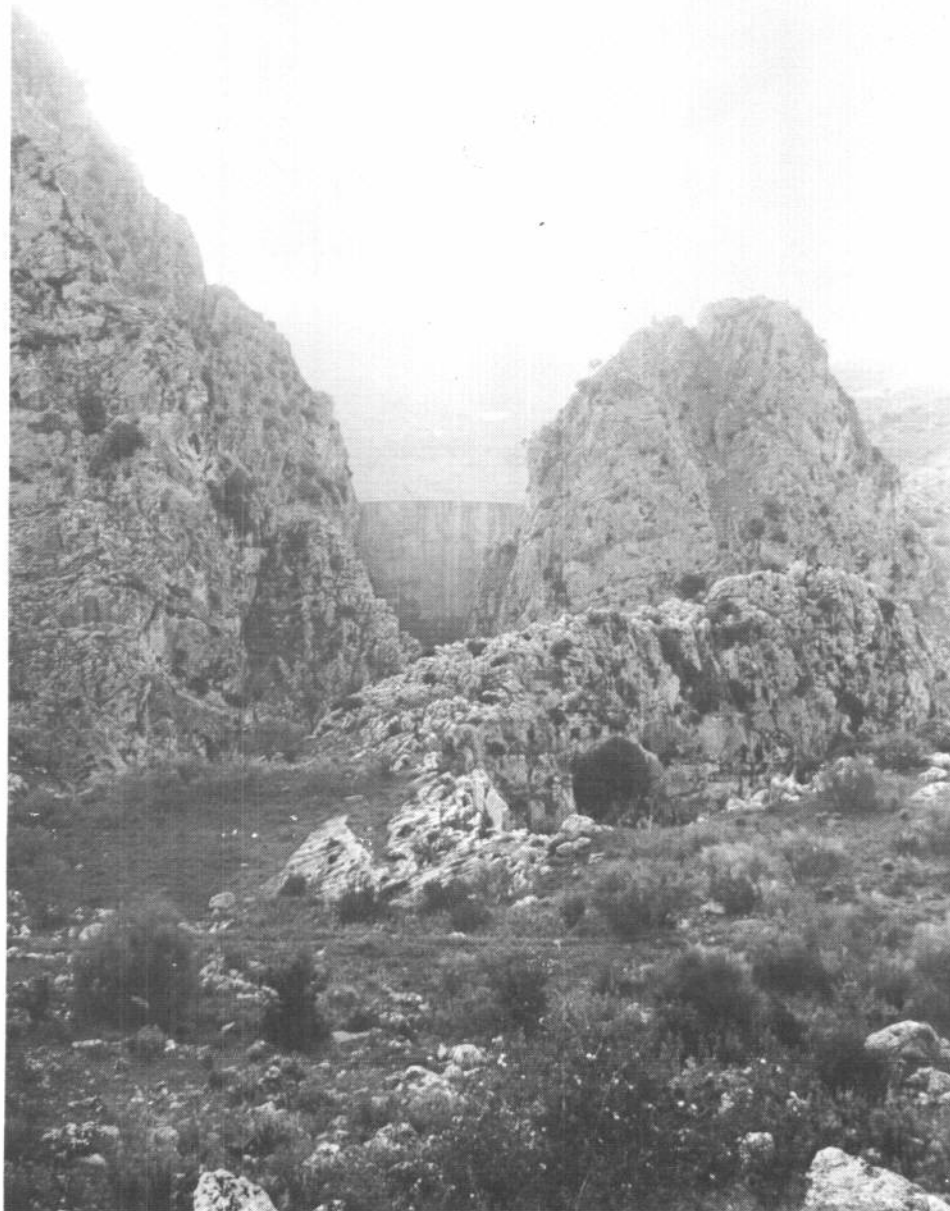
En Deifontes, extremo occidental de la Sierra, se localiza el Nacimiento de Deifontes, una de las surgencias más importantes de la provincia de Granada.

El karst en las Zonas Internas

En las Zonas Internas, la diversidad geomorfológica e hidrogeológicas de los macizos kár-



Polje de Cabra. Calizas Jurásicas del Subbético Externo (Córdoba).



Presa de los Caballeros o de Montejaque (abandonada), a la entrada del Sistema Hundidero-Gato (Serranía de Ronda, Málaga).

ticos es mayor, si bien arealmente sólo las formaciones carbonatadas triásicas Alpujárrides y la Dorsal Bética tienen importancia.

Dorsal Bética

Esta última aflora extensamente en la Serranía de Ronda (Sierra de las Nieves, Málaga) ofreciendo un macizo kárstico activo importante, con potencias de materiales carbonatados Triásicos y Jurásicos del orden de 1.500 m; aquí se localiza la denominada Sierra GESM con 1.098 m de profundidad, entre las mayores verticales del mundo. Este macizo es uno de los mejores ejemplos españoles de karst mediterráneo en transición con la alta montaña, con formas nivales actuales a muy pocos kilómetros de la costa. En él se localiza también el semipolje de la Nava.

Otros afloramientos karstificables importantes de la Dorsal Bética se localizan en la provincia de Granada (al sur de Sierra Arana).

Complejo Alpujárride

En el Complejo Alpujárride, son frecuentes las grandes cavidades, si bien, también existen numerosos macizos carbonatados absolutamente exentos de rasgos de karstificación importante. Así ocurre, por ejemplo, en la Sierra de Gádor (Almería), Sierra de Mijas y Sierra Blanca (Málaga) y otras de menor entidad. Es muy probable que, en ocasiones, el karst se halle en estado fósil.

Cavidades relevantes son: la Cueva de Nerja (4.823 m, abierta al público y una de las más importantes del país en cuanto a turismo), y la Cueva de la Fájara (1.444 m), ambas en el Macizo de Almijara-Tejeda (Málaga); la Cueva de Doña Trinidad o de Ardales (Málaga), con 1.577 m de desarrollo, y la Cueva de las Campanas (Gualchos, Granada), con 1.056 m.

Complejo Maláguide

En el Complejo Maláguide, tan sólo los escasos afloramientos de la «cobertera», presentan materiales karstificables. El Jurásico y el Eoceno calizos albergan redes kársticas de interés. Destaca el conjunto de cavidades existente entre Málaga y el Rincón de la Victoria, con el Complejo de la Araña-Cuerda (más de 4.000 m) y la Cueva del Hguerón (abierta al turismo con el nombre de Cueva del Tesoro), que posee 2.046 m de desarrollo. Estas cavidades presentan, además, una extraordinaria importancia arqueológica.

El karst yesífero en las Cordilleras Béticas

Las formaciones triásicas y neógenas inclu-

yen paquetes yesíferos susceptibles a la karstificación.

El karst en yesos triásicos

El Triás asociado a las zonas externas (no el Triás-Alpujárride, de facies Alpina), de facies germano-andaluza, presenta series estratigráficas ricas en evaporitas (yeso, anhidrita, halita), asociadas a arcillas, margas, areniscas, calizas, dolomías y rocas subvolcánicas («ofitas»). No es seguro que todos los yesos pertenezcan al Triás superior, como opinan algunos autores por la analogía con la facies Keuper; en algunos casos, es prácticamente seguro que existan pasadas evaporíticas en el Triás inferior. El Triás medio, es mayoritariamente calizo-dolomítico.

En cuanto a potencia, es difícil dar cifras concretas dado el grado de tectonización y los fenómenos halocinéticos y diapíricos sufridos por los materiales evaporíticos.

En el conjunto de las cordilleras Béticas, destacan dos afloramientos triásicos con una continuidad pronunciada: El Triás de Antequera y el Triás de Cambil. Es en el primero donde se pueden observar los fenómenos kársticos más interesantes, puestos de manifiesto por diversos autores (Cruz San Julián, 1974; Pezzi, 1975; Molina, 1982; Durán y Del Val, 1984; Durán, 1984 y Durán y Burillo, 1985). La franja triásica que aflora al Norte de la provincia de Málaga y continúa por la de Cádiz, presenta sistemas kársticos muy desarrollados, con campos de dolinas, torcas, pérdidas de cauces fluviales, resurgencias, cuevas, simas, cañones...

También en el sector oriental de la cordillera son frecuentes las manchas triásicas karstificadas (Ibáñez, 1983; Pulido, 1977; Valenzuela, 1962).

Todo el muestrario de morfología kárstica tradicional se encuentra representado en los yesos triásicos.

Merecen destacarse los sectores de Campillos, Gobantes, Antequera, Archidona y Salinas, todos ellos en la provincia de Málaga.

El grado de karstificación puede deducirse de la alta densidad de dolinas existente en algunos puntos (de 3 a 10 dolinas/km²) o de la envergadura de las redes subterráneas: Cueva Sima del negro, con 1.235 m de desarrollo, Cueva del Yeso III (709 m), Cueva Juncar I (704 m), Sima Lagunillas VIII (615 m) y Sima Aguila I (—112 m de profundidad), todas ellas en la zona de Antequera-Gobantes.

Es interesante subrayar el papel hidrogeológico que pueden jugar los yesos triásicos karstificados, en varios sentidos:

— En primer lugar, el Triás no siempre es, pues, IMPERMEABLE, o confinante. El caso más espectacular se observa en la Sierra de



Lagunas endorreicas de origen kárstico en el Trías de Antequera (Málaga).



Surgencias de la Cueva del Gato. Calizas Jurásicas del Penibético (Serranía de Ronda (Málaga)).

Camorra (Mollina, Málaga), donde existen simas que taladran una serie carbonatada subbética para continuar posteriormente en los yesos triásicos que sirven de base al macizo. El papel de sello hidrogeológico del Triás es, pues, relativo.

— Por esta misma razón, los yesos triásicos pueden constituir un almacén y transmisor de agua aceptable; es decir, pueden existir acuíferos en los yesos, con reservas hidráulicas de interés. Se localizan numerosas surgencias de más de 1 Hm³/año.

— Por último, ambas características pueden suponer un riesgo de «contaminación hidroquímica» debido a la mala calidad de las aguas surgentes del karst yesífero. Los contenidos en sólidos disueltos suelen superar los 2.000 mgr/litro, haciéndolas inadecuadas para el consumo y/o riego.

Así, por ejemplo, el Embalse del Guadalhorce-Guadalteba (Málaga) se ve afectado por una fuerte salinización derivada de la existencia en el vaso de un manantial salino (Manantial de Meliones). (Carrasco, 1978); recientemente esta circunstancia ha sido estudiada pormenorizadamente y se halla en vías de corrección (Carrasco, F. comunicación personal).

Entre las cavidades más notables abiertas en yesos triásicos en las Cordilleras Béticas, pueden citarse, al margen de las citadas en la provincia de Málaga, las siguientes: Cueva del Yeso (Baena, Córdoba), con 1.843 m de desarrollo; y Túnel del Sumidor (Vallada, Valencia), que ostenta el mayor desnivel alcanzado por una red kárstica en yesos en el mundo, con —202 m, y una longitud de 1.250 m.

El karst en yesos miocenos

Los yesos miocenos se localizan en las cuencas intramontañosas, rellenas de materiales neógenos marinos, lagunares y continentales. En general se trata de materiales detríticos y evaporíticos, concentrándose estos últimos en las fases terminales del Mioceno, asociados a la crisis Messiniense de salinidad del Mediterráneo.

Entre las depresiones que presentan yesos se pueden citar: Depresión de Granada, de Guadix-Baza, de Vera, de Almería, de Sorbas, etc. A efectos prácticos, la única que presenta fenómenos destacados de karstificación es la Depresión de Sorbas (Almería).

El paquete karstificable es un conjunto yesífero de unos 130 m de potencia, donde alternan estratos de yesos especulares —con cristales que alcanzan 1 m de longitud— de hasta 20 m de potencia, con calcilitas. La edad de la formación es Messiniense.

El karst está condicionado fuertemente por la neotectónica, siguiendo las cavidades las direc-

trices dominantes estructurales (Pulido, 1982) hecho no observable claramente en los karsts yesíferos triásicos.

Posiblemente es el conjunto kárstico yesífero más importante de Europa, con cientos de cavidades, entre las que se cuentan las siguientes:

Sistema Covadura, con 4.244 m de desarrollo, la mayor red kárstica conocida en yesos en España; Cueva del Tesoro (1.890 m), Sistema de la Fuente del Peral (1.800 m); Cueva del Agua (1.692 m); Complejo SO 21/32 (1.369 m); Cueva del Lapo (1.075 m); Cueva C-1 (825 m) y Cueva del Yeso (800 m).

El karst yesífero de Sorbas se encuentra actualmente en fase de estudio detallado, con objeto de protegerlo con algún tipo de declaración oficial de espacio natural de interés. (*)

3.2.9.4. Edad de la karstificación

Son escasos los datos objetivos que existen en las Cordilleras Béticas en el capítulo de datación de fases de karstificación. Sin embargo, pueden hacerse, a título orientativo, algunas precisiones, derivadas de relaciones espaciales entre cavidades y depósitos sedimentarios (costeros o continentales) o de dataciones isotópicas de espeleotemas.

Limitándose, en principio, al Plioceno-Cuaternario, la primera fase importante de karstificación parece remontarse con seguridad al Plioceno, sin poder precisar más.

Con posterioridad al Villafranquiense (en muchos de cuyos depósitos se observan facies de tipo periglacial —brechas angulosas— alternantes con otras cálidas/húmedas —travertinos—, lo que indicaría períodos de karstificación intermitentes de cierta entidad—, se reconoce actividad kárstica importante en el Pleistoceno superior.

Dentro de esta época, se tienen indicios de karstificación intensa en el Interglacial Mindel-Riss (aunque ya entonces estaban desarrollados sistemas kársticos de envergadura, como lo demuestra la datación de una concreción en la Cueva de Nerja (Málaga) que arrojó una edad absoluta mediante el método de Ur/Th de 328 (+∞, -93) miles de años (Hennig et al., 1983).

Otras dataciones isotópicas de los mismos investigadores arrojan cifras para la génesis de concreciones en las cuevas de la Pileta (Málaga) y de las Rotas, (Alicante) en torno a los 225-250 miles de años, es decir, en el período glacial Riss, que muy probablemente conllevó una etapa de karstificación intensa.

(*) Colaboran en este estudio la Agencia del Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, el IGME, la Federación Andaluza de Espeleología, y la Universidad de Granada.



Cavidad en yesos miocenos. Sorbas (Almería).



Vista aérea del Polje de Zafarraya (Granada).

En el interglaciario Riss-Würm, el clima cálido y húmedo supuso una importante fase de crecimiento en las cavidades. Se registra así la máxima formación de espeleotemas en toda la región mediterránea (Hennig et al, 1983). Un ejemplo se tiene en la Cueva de Rull (Alicante) con espeleotemas datados en 102 ± 12 miles de años.

En la glaciación Würmiense muchos de los aparatos kársticos generados pierden funcionalidad, rellenándose y llegando incluso a fosilizarse por completo. Otros, en cambio, continúan su actividad hasta la actualidad.

Fuera ya del marco Plio-Cuaternario, «reciente», se pueden citar en las Cordilleras Béticas ejemplos de paleokarst antiguos. Así, es bien conocida la superficie kárstica que separa en el dominio Penibético, los materiales Jurásicos del Cretácico superior. Este contacto, atribuido casi unánimemente a un paleokarst, ha sido bien estudiado por González-Donoso et al. (1983), mostrando que, en efecto, puede admitirse una fase de emersión, erosión y disolución durante el Cretácico inferior, variable en el espacio y el tiempo.

También en materiales de la Cobertera Maláguide, se ha señalado un paleokarst, en el tránsito Jurásico-Cretácico.

Más recientemente, se han observado indicios de paleokarst en materiales jurásicos subbéticos, aún en fase de estudio (Soria, J. comunicación personal).

3.2.9.5. Algunas consideraciones hidrogeológicas del karst en las Cordilleras Béticas

Los acuíferos kársticos de los dominios prebéticos (fundamentalmente instalados en materiales del Lías y Cenomanense) y Béticos s.s. (Trías calizo-dolomítico del complejo Alpujarri-de) están con frecuencia compartimentados y colgados; en el subbético, sin embargo los acuíferos kársticos poseen una mayor continuidad hidráulica, claramente representada en algunos macizos carbonatados del Lías (Niñerola et al, 1983).

El sustrato impermeable general es diferente en las zonas externas e internas de las Béticas; en las primeras son los materiales arcillo-margosos del Trías germano-andaluz, base estratigráfica y estructural de despegue en la generación de mantos de corrimiento (dominios subbético y prebético). En las zonas internas son los materiales metapelíticos (esquistos y filitas) los que ejercen el papel de impermeable respecto a las formaciones carbonatadas Alpujarrides.

En cuanto a la alimentación de los acuíferos y sistemas kársticos, es mixta: parte se realiza por infiltración directa de las precipitaciones

caídas en áreas kársticas, y parte proviene de escorrentía superficial de áreas adyacentes.

El drenaje actual se realiza, mayoritariamente por vía natural a través de surgencias y manantiales, si bien localmente la explotación de los acuíferos kársticos es intensa. La regulación de surgencias kársticas es práctica poco extendida, destacando por sus resultados el manantial de la Villa, que abastece a la ciudad de Antequera (Málaga).

Los mayores recursos hidráulicos de las Cordilleras Béticas se localizan en los macizos carbonatados del Alto Guadalquivir (Sierras de Cazorla, Segura y Alcaraz) y en la Serranía de Ronda (Sierra de Grazalema, Líbar, etc.). (Niñerola et al. 1983).

3.2.9.6 Bibliografía

- BENAVENTE, J. PULIDO, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1986): Les grands caractères hydrogéologiques des Cordillères Bétiques. *Karstologia Memoires* nº 1 (en prensa).
- CABANAS, R. (1960): El Torcal de Antequera. Un típico karst de Mesa. *Estudios Geográficos* nº 78 pp. 63-80. Madrid.
- CARRASCO, F. (1978): Variación de la salinidad de las aguas del Río Guadalhorce. Influencia de la litofacies. *Tecniterrare*, nº 22 pp. 35-41.
- CRUZ - SAN JULIAN, J. (1974): Estudio geológico del sector Cañete la Real-Teba-Osuna. *Tesis doctorales de la Universidad de Granada*. nº71 431 pp. Granada.
- DONAT ZOPO, J. (1966): Catálogo Espeleológico de la provincia de Valencia. *Memoria del I.G.M.E.*, T. LXVIII, 186 pp. Madrid.
- DURÁN, J.J. (1984): Evolución geomorfológica del cañón del río Guadalhorce en el Trías de Antequera (Archidona, Málaga). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, T. X, 1 y 2, pp. 43-54. Logroño.
- DURÁN, J.J. y BURILLO, F.J. (1985): Triassic gypsum karst of the Loma del Yesar (Archidona, Málaga; Southern Spain). *International Symposium on evaporite karst*. Bologna, Italia (en prensa).
- FERNÁNDEZ, J. (1978): Cavidades subterráneas de mayor desarrollo del país Valencia. *Lapiaz*, nº 2, pp. 69-76. Valencia.
- GARCÍA ROSSELL, L. y PEZZI, M.C. (1975): Un karst supraforestal en Sierra Mágina (Jaén) condicionamientos geológicos y geomorfológicos. *Cuadernos Geográficos*, S.M. nº 1. Granada.
- GONZÁLEZ-DONOSO, J.M. et al. (1983): Discontinuidades estratigráficas durante el Cretácico en el Penibético (Cordillera Bética). *Estudios Geológicos*, 39, pp. 71-116.
- GUTIÉRREZ, J.M. Y GONZÁLEZ, M.J. (1982): Primer catálogo de grandes cavidades de Andalucía. *Sociedad Excursionista de Málaga*, pp. 121-123. Málaga.
- HENNIG, G.J., GRÜN, R. and BRUNNACKER, K. (1983): Speleothems, travertines and paleoclimates. *Quaternary Research*, 20, pp. 1-29. Washington.
- IBÁÑEZ, P.A. (1983): Cavidades en yesos del País Valenciano. *Lapiaz* nº 11, pp. 21-36. Valencia.
- LHENAFF, R. (1968): Le polje de Zafarraya (Province de Grenade) *Melanges de la Casa de Velazquez*, T. IV, pp. 5-26.
- LHENAFF, R. (1975): Les poljes ouverts de la Sierra de Cabra (Cordilleres Bétiques). *Cuadernos Geográficos*, S.M. I, pp. 85-91. Granada.
- LHENAFF, R. (1977): Les formes majeurs du relief karstique dans la Sierra de Líbar (Andalousie, Espagne). *Norois*, nº95 bis, pp. 275-284.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1974): El karst del Calar del Mundo (Albacete). *Estudios Geográficos*, XXXV, 136, pp. 359-404. Madrid.

MOLINA, J.A. (1982): Los karst en yesos de la provincia de Málaga (Avance). *Sociedad Excursionista de Málaga*, pp. 95-112. Málaga.

NIÑEROLA, S. et al. (1983): Los acuíferos subterráneos de Andalucía. Sus recursos y utilización. III Simposio de Hidrología. (Ed. C.G.S.), pp. 15-25. Madrid.

PEZZI, M.C. (1975): Le Torcal d'Antequera (Andalousie): Un karst structural retorché par le périglaciare. *Mediterranéé*, nD° 2, pp. 23-37.

PEZZI, M.C. (1977): Morfología kárstica del Sector central de la Cordillera Subbética. *Tesis Doctoral. Cuadernos Geográficos*, S.M. n° 2, 289 pp. Granada.

PULIDO, A. (1977): El karst en yesos de Vallada (Valencia). Incidencia en la calidad química de las aguas. *Cuadernos de Geología*, n° 8, pp. 114-124. Granada.

PULIDO, A. (1982): Consideraciones Hidrogeológicas sobre los yesos de Sorbas. *Reunión Monográfica sobre el karst de Larra*, pp. 257-274. Navarra.

SANTIAGO, J.M. (1980): El complejo kárstico del Cerro de las Motillas (Cádiz-Málaga). *Speleon*, 25, pp. 47-64. Barcelona.

VALENZUELA, A. (1962): Sobre un karst en yeso de la región Subbética, al SE. de Caravaca. *Estudios Geográficos*, n° 87, T XVIII, pp. 217-249.

3.2.10. Las cavidades lávicas de las Islas Canarias

3.2.10.1. Introducción geológica

Las Islas Canarias constituyen un archipiélago formado por 7 islas principales que totalizan 7.545 km² de extensión; geológicamente su origen está ligado a la dilatada actividad volcánica acaecida en la región desde el Oligoceno hasta la actualidad, cuyos productos se han estructurado sobre un zócalo hipogénico holocristalino.

Los materiales volcánicos que afloran pueden agruparse en tres unidades vulcano-estratigráficas, todas ellas producto de «variaciones en las condiciones de emisión de un fenómeno volcánico común» (CARRACEDO, 1979). Estas son:

— «Basamento o complejo basal»: lo integran rocas plutónicas, rocas volcánicas submarinas, sedimentos y diques. Su edad es Oligo-Mioceno (hasta 40 millones de años de antigüedad).

— «Series antiguas», constituidas por materiales basálticos fisurales, estructurados en *plateaux*, de edad Mioceno-Cuaternario (entre 17 millones de años y menos de un millón de años).

— «Series recientes», formadas por coladas basálticas procedentes de conos de cinder y estratovolcanes. Las edades oscilan entre 10 millones de años y la actualidad.

Es en los basaltos procedentes de estas series donde se encuentran las morfologías *pseudokársticas* volcánicas que ocupan nuestra atención, por su convergencia morfológica con las formas kársticas verdaderas, generadas en rocas solubles.

Por último, en algunas islas existen materiales sálicos, procedentes de la diferenciación de magmas basálticos alcalinos.

La historia geológica de las Canarias refleja, pues, una continua actividad volcánica premiocena y miocena; posteriormente durante el Plioceno se originó una fuerte elevación individualizada de las islas (a veces de centenares de metros), responsable probablemente de las últimas fases basálticas que suministraron materiales fluidales, organizados en largas y extensas coladas de basaltos olivínicos («la roca más genuinamente vulcanoespeleológica»; Montoriol-Pous et al., 1980) y olivínicoaugíticos (Aellen y Strinati, 1978), únicas litologías en que se conocen las morfologías pseudokársticas más típicas: los tubos volcánicos y los jameos.

3.2.10.2. Principales cavidades lávicas

«El archipiélago canario presenta características excepcionales a nivel mundial en cuanto a manifestaciones vulcanoespeleológicas, ya que alberga no solamente una gran cantidad de cavidades, sino además algunas de las mayores cuevas volcánicas conocidas» (Montoriol-Pous et al., 1980).

Esta contundente cita ilustra perfectamente la importancia de las cavidades canarias, cuyo interés se ve aumentado si se ponderan las implicaciones científicas y prácticas.

En el aspecto científico, destacan las investigaciones bioespeleológicas, referidas a organismos troglobios que habitan en las cavidades volcánicas y en sus aguas. Estas investigaciones pueden arrojar luz sobre mecanismos evolutivos y condicionamientos paleoecológicos.

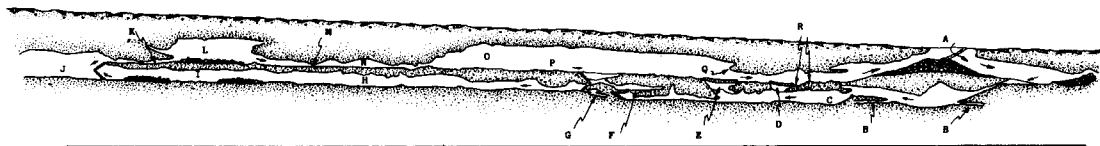
Por otra parte, el aspecto práctico puede ilustrarse por el interés turístico de algunas de estas cavidades (Cueva de los verdes y Jameos del agua).

Las principales cavidades lávicas del archipiélago son:

— Cueva del viento: Es la mayor cavidad conocida en Canarias, alcanzando 9.985 metros de desarrollo y 515 metros de desnivel, y una de las mayores del mundo. Se localiza en Icod de los Vinos, en la isla de Tenerife, al término de una colada basáltica del sistema Teide-Pico Viejo, que llegó hasta el mar. Es accesible por dos bocas, denominadas Breveritas y Piquetes.

— Cueva de D. Justo: Situada en la isla del Hierro en su extremo meridional (Punta de la Restinga, Frontera). Alcanza 7.323 metros de longitud y 143 metros de desnivel; posee un carácter laberíntico, con conductos a distintos niveles, de dimensiones reducidas y desarrollados entre lavas cordadas basálticas.

— Cueva de los verdes: Localizada en el Malpaís de la Corona (Haría, isla de Lanzarote).



- | | |
|--|---|
| <p>A: JAMEO DE ENTRADA A LA CUEVA DE LOS VERDES
 B: GALERIAS NO VISITABLES
 C: SALA DE LOS ESTETAS
 D: PIE DE GUANCHE
 E: LUMBRERA DE HARTUNG
 F: HORNO DEL DIABLO
 G: LA CRIPTA
 H: EL AUDITORIUM
 I: LOS CORROPIALES
 J: SALSIPUEDES</p> | <p>K: EL REFUGIO
 L: LA BIBLIOTECA
 M: GARGANTA DE LA MUERTE
 N: SALA DEL DR. HERNANDEZ PACHECO
 O: LAGO
 P: LOS CASTILLETES
 Q: CABEZA DEL MONSTRUO
 R: SIMAS DE LAS DONCELLAS</p> |
|--|---|

Esquema de la Cueva de los Verdes

Es la más espectacular de las cavidades canarias, con salas de gran magnitud (miles de m³), y numerosos jameos que la conectan con la superficie. Posee 6.100 metros de desarrollo y 280 metros de desnivel.

Esta cavidad está acondicionada para su visita turística, al igual que los cercanos Jameos del Agua (325 metros de desarrollo); ambas cavidades están desconectadas espeleológicamente, pero su génesis es común y forman parte junto con el denominado Túnel de la Atlántida^(*) (continuación de los jameos del Agua, de centenares de metros de desarrollo submarino), de un extenso tubo volcánico originada por una única colada lávica.

Otras cavidades importantes son: La Cueva de Felipe Reventón y la Cueva de San Marcos en la isla de Tenerife, con desarrollo superior a 2.000 metros y de 1.512 metros, respectivamente; la Cueva de los Palomos o de los Naturalistas, en Lanzarote, con más de 1 km de desarrollo; y la Cueva del Llano, Fuerteventura, 488 metros de longitud.

3.2.10.3. Características y mecanismos de formación de las cavidades lávicas

Dado que las cavidades lávicas no son formas kársticas generadas por disolución de una roca preexistente, sino morfologías subterráneas análogas a las resultantes de dichos procesos, parece conveniente explicar brevemente las características principales y el mecanismo genético que conduce a su formación.

(*) El Túnel de la Atlántida está siendo sometido a exploraciones diversas, mediante las más modernas técnicas de espeleobuceo, e investigaciones sobre su excepcional fauna troglobia relictas.

Las cavidades que aparecen en materiales lávicos, o tubos volcánicos, se encuentran asociados siempre a coladas basálticas recientes y su origen (para detalles de mecanismos espeleogenéticos y tipología de cavidades volcánicas, ver Monteriol-Pous, 1973) es, en términos generales, coetáneo con estas. Los conductos se generan al aislarse el flujo de una corriente de lava, por solidificación de la costra superficial. El flujo, sin embargo, continúa subsuperficialmente, a veces incluso con bastante posterioridad a la erupción volcánica originaria de la colada (incluso meses después de la erupción pueden darse importantes movimientos de lava en profundidad; Monteriol-Pous et al., 1980). Si el material lávico desaloja el conducto antes de alcanzar las condiciones de solidificación, se generará un vacío, de carácter más o menos lineal, y orientación acorde con la dirección del flujo de lava: un tubo volcánico.

Generalmente su trazado será perpendicular a las curvas de nivel topográficas, siguiendo la máxima pendiente. Esta, en el interior de las cavidades no suele ser uniforme, variando a lo largo del perfil longitudinal, con valores medios en torno a los 5°-20°. Los fenómenos de coalescencia y captura son frecuentes, introduciendo una complejidad adicional en el trazado de las cavidades volcánicas. Estos fenómenos han sido bien estudiados en diversos trabajos por Monteriol-Pous y colaboradores.

Por otra parte, la accesibilidad a estos conductos es viable únicamente cuando falla mecánicamente la bóveda, originándose un hundimiento que la conecta con el exterior, ofreciendo las morfologías conocidas en Canarias con el nombre de jameos.

Otra particularidad de las cavidades lávicas

canarias es la presencia de diversos tipos de relleno. Este puede ser detrítico alóctono si acceden cursos de agua a la cavidad (sólo se ha constatado en la Cueva del Llano, Fuerteventura; Monserrat y Romero, 1980). En el resto de las cavidades pueden existir materiales piroclásticos y cenizas, a veces muy abundantes, que penetran por fisuras desde el exterior (Montoriol-Pous et al, 1980).

Otros rellenos, de interés secundario, pero ciertamente curiosos, lo constituyen los denominados *estalafitos* (Bravo, 1954, in Montoriol-Pous, 1980) asimilables a las concreciones estalactíticas y estalagmíticas del karst. Su origen parece estar ligado a «refusión del techo» causada por diversos mecanismos generadores de calor. Los estalafitos son particularmente abundantes en la Cueva de Don Justo (Hierro).

Por último destacan como hecho generalizado, la presencia de mineralizaciones de yeso secundario en la mayor parte de las cavidades lávicas de las Islas Canarias (Montoriol-Pous, 1965).

3.2.10.4. Bibliografía

ANCOCHEA, E. y HERNÁN, F. (1981): Riesgo volcánico. In *Geología y Medio Ambiente. GEOTMA. Monografía. N.º 11*, pp. 269-292. Madrid.

CARRACEDO, J.C. (1979): Paleomagnetismo e historia volcánica de Tenerife. *Aula de Cultura de Tenerife*, 82 pp. Tenerife.

MONTORIOL-POUS, J. (1965): Contribución al conocimiento mineralógico y mineralogénico de un nuevo tipo de yacimiento de yeso descubierto en los «tubos de lava» de la Isla de Lanzarote (Canarias). *Bol. Real Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 63. pp. 77-85.

MONTORIOL-POUS, J. (1973): Sobre la tipología vulcanoespeleológica. *Com. II Simposium Espeleología*. pp. 268-272. Mataró.

MONTORIOL-POUS, J., ROMERO, M. y MONTSERRAT, A. (1980): Estudio vulcanoespeleológico de la Cueva de Don Justo (Isla de Hierro, Canarias). *Speleon*, n.º 25, pp. 83-91. Barcelona.

MONTSERRAT, A. y ROMERO, M. (1980): Introducción al conocimiento vulcanoespeleológico de la Isla de Fuerteventura (Islas Canarias), *Speleon*, N.º 25. pp. 93-98. Barcelona.

4. GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TERMINOS KARSTICOS

ABRIGO: Cavidad de escaso desarrollo, generalmente situada bajo salientes rocosos, acantilados, etc... Suele tener amplia abertura y suelo casi plano. Con frecuencia, poseen interés arqueológico. Localmente se emplea balma o bauma.

ACTIVA: Calificativo asignado a una galería o a una cavidad recorrida por un curso de agua subterráneo, de forma permanente o temporal.

ACUIFERO KARSTICO: Porción de roca susceptible de almacenar y transmitir agua a través de discontinuidades y huecos debidos a fracturación y disolución.

BOCA: Lugar de comunicación -penetrable- de una cavidad con el exterior.

BOGAZ: Corredor o pasillo kárstico subaéreo, cuya anchura es pequeña en relación con su longitud; no suelen estar en relación con cauces fluviales.

CAÑON: Sinónimo de garganta, foz, hoz, congosto, desfiladero. Valle profundo, sinuoso o rectilíneo, recorrido por un curso de agua. Algunos provienen del hundimiento del techo de una galería subterránea; también pueden ser debidos o influenciados por algún otro tipo de proceso kárstico. No obstante, se aplica a todo valle profundamente encajado, independientemente de su origen.

CAVERNA: Nombre genérico aplicado a todas las cavidades subterráneas, penetrables a escala humana.

CAVIDAD: Sinónimo de caverna, generalmente más utilizado.

CENOTE: Término proveniente de Yucatán y que designa a dolinas de paredes verticales, situadas a escasa distancia unas de otras y con agua freática en su fondo. También se ha empleado para designar dolinas que contienen un lago.

COMPLEJO KARSTICO: Conjunto de cavidades, sistema. Se emplea para designar redes kársticas interconectadas con dos o más bocas.

CONCRECION: Depósito cristalino de las sustancias disueltas en el agua kárstica; las más comunes son de carbonato cálcico, bajo forma de estalactitas y estalagmitas. También se emplean los términos formación y espeleotema.

CUEVA: Sinónimo de caverna y cavidad. En sentido estricto, cavidad subterránea subhorizontal penetrable por el hombre.

DOLINA: Depresión cerrada circular o elíptica que se forma en la superficie de rocas solubles, de dimensiones muy variables (de orden métrico a hectométrico). Atendiendo a su morfología se clasifican normalmente en dolinas en artesa, embudo y ventana, según vayan siendo sus paredes más verticales y menor su relación entre diámetro y profundidad. Por su génesis, se puede hablar de dolinas aluviales, de colapso o hundimiento, de subsidencia o de disolución. Se habla de campo de dolinas cuando se presentan agrupadas en superficies relativamente pequeñas.

ENDOKARST: Manifestaciones subterráneas del modelado kárstico.

ENDORREISMO: Fenómeno existente en aquellas zonas donde no hay drenaje superficial. La evacuación de las aguas se realiza por vía subterránea.

EPIKARST: Posee varias acepciones:
- manifestaciones kársticas superficiales,
- relativo a la zona superior del karst,
- acuífero kárstico sub-superficial, colgado.

ESPELEOGENESIS: Origen y formación de las cavidades.

ESPELEOLOGIA: Ciencia dedicada al estudio de las cavidades naturales. El aspecto exclusivamente deportivo también se designa con el mismo nombre.

ESPELEOTEMA: Sinónimo de concreción.

ESTAVELA: Se dice cuando un hueco funciona unas veces como sumidero y otras como surgencia.

EXOKARST: Manifestaciones kársticas superficiales.

FREATICO: Clásicamente referido a la zona inundada del karst.

GALERIA: Conducto subterráneo subhorizontal, que forma parte de una cavidad, con morfología más larga que ancha.

GRUTA: Sinónimo de cueva, poco empleado.

HIPOGEO: Subterráneo. El término puede utilizarse como adjetivo o sustantivo.

HUM: Relieve residual de origen kárstico, que se puede presentar en forma de colina o pitón. También se emplea la palabra mogote. El término cueto, empleado en Asturias, designaría ciertas colinas, sean o no de origen kárstico.

JAMEO: Voz canaria, referida a cavidades generadas por hundimiento de la bóveda de un tubo volcánico, cercano a la superficie. No es un término kárstico en sentido estricto, pero sí espeleológico.

JOU: Palabra de origen asturiano, que designa una hondonada rodeada de zonas más elevadas, en áreas montañosas. Corresponde, en regiones kársticas, a dolinas. Frecuentemente se designa así a las simas que aparecen en las hondonadas o sus proximidades.

KARST: Región formada por rocas solubles, generalmente carbonatadas, en la que aparecen formas superficiales y subterráneas características. Corresponde a la transcripción en lengua alemana de la palabra eslava Kras y se utiliza así de forma internacional. En su origen era el nombre de la región formada por las plataformas calcáreas al Noroeste de la Península Balcánica, entre Carniola e Istria. Otra palabra menos utilizada es carso, de procedencia italiana.

KARSTICO: Adjetivo que califica el relieve, la morfología y todos los fenómenos particulares del karst, resultado de la karstificación.

KARSTIFICACION: Proceso de disolución de rocas solubles, mediante la acción del agua combinada con otras sustancias (CO₂, ácidos húmicos, etc.). Las principales rocas karstificables son: calizas, dolomías, yesos y otras sales, así como rocas detríticas con cemento y/o matriz solubles.

KARSTOLOGIA: Estudio del karst (sus fenómenos, dinámica, morfología, etc.).

LAPIAZ: Forma superficial labrada por erosión-disolución en rocas karstificables. Pueden ir de dimensiones centimétricas (microlapiaz) a varios metros de profundidad (macrolapiaz). Por extensión, también se denomina lapiaz (o campo de lapiaz indistintamente) a una superficie más o menos extensa que presenta esta morfología. Se emplea, aunque actualmente en desuso, la palabra lenar, de donde se deriva el término que designa al proceso (lenarización).

NIVEL DE BASE KARSTICO: Presenta diversas acepciones, siendo un concepto muy discutido en la literatura del karst. Las más frecuentes son:

- Superficie hidrodinámica a la que tienden las aguas de un acuífero kárstico.
- Nivel por debajo del cual no existe karstificación. Para algunos autores, correspondería con el límite de la zona permanente inundada; para otros, con la aparición del material no soluble infrayacente.

PALEOKARST: Karst antiguo, fosilizado por sedimentos. También se aplica a las partes inactivas del karst (redes kársticas inactivas, colmatadas o no).

POLJE: Depresión cerrada de grandes dimensiones (de orden kilométrico) con fondo más o menos horizontal, cuyo origen tiene un fuerte condicionante de tipo tectónico. Su desagüe es subterráneo, encontrándose localizado a veces en uno o varios sumideros (ponor); puede inundarse temporalmente o incluso quedar permanentemente ocupado por un lago.

Se habla de semipolje cuando uno de los bordes se instala sobre rocas no karstificables.

En Cataluña se emplean, a veces, los términos Coma y Pla, aunque no siempre designen poljes, sino otras llanuras no kársticas.

PONOR: Término servocroata que designa un sumidero situado en un polje, al que habitualmente sirve de drenaje. Puede funcionar como estavela.

POZO: Tramo vertical de una cavidad, que puede estar o no directamente comunicado con la superficie.

PSEUDOKARST: Término utilizado por algunos autores, para designar diversos conceptos.

A veces, para el karst no carbonatado, acepción que consideramos inadecuada; aunque de dudosa validez, también se emplea en morfologías que recuerdan a las kársticas, instaladas en materiales no solubles (por ejemplo, las cavidades lávicas).

SALA: Cámara en el interior de una cavidad.

SIFON: Sector completamente inundado de una galería, pozo o sala, superable únicamente por métodos subacuáticos.

SIMA: Cavidad de desarrollo predominantemente vertical. En Cataluña se utiliza el término *avenc*.

SISTEMA KARSTICO: Sinónimo de Complejo Kárstico, aunque en ocasiones designa más ampliamente un sistema hidrogeológico.

SUMIDERO: Lugar localizado por donde se introduce el agua, pudiendo ser o no penetrable.

SURGENCIA: Fuente, manantial, nacedero; lugar localizado donde aparece al exterior un caudal de agua proveniente de la masa rocosa. Pueden ser permanentes, intermitentes o periódicas. Se llaman *vaclusianas* (de *Vaucluse*, Francia) cuando son ascendentes. Se denomina *trop-plein* ("demasiado lleno") cuando una surgencia comienza a funcionar por "sobrecarga" de otra situada a un nivel inferior y conectada hidráulicamente con aquella.

TERRA ROSSA: Expresión italiana, de ámbito internacional, que designa el residuo arcilloso de la disolución superficial de las rocas calcáreas. En español, significa literalmente tierra roja.

TORCA: Dolina de paredes subverticales, con profundidad y diámetro de orden análogo de magnitud. También se emplea a veces como sinónimo de *sima*.

TORRECILLAS: Morfología clásicamente atribuida a karst en clima tropical, caracterizado por un relieve en pitones o columnas, generalmente fosilizado por *terra rossa*.

TRAVERTINO: Formación calcárea subaérea, resultado de la precipitación en capas sucesivas de carbonato cálcico. Normalmente, se presenta asociado a surgencias, activas o no, y la vegetación favorece su crecimiento. Se denomina también *toba* o *toba calcárea*.

TROGLOBIO: Organismo cuya vida discurre total y exclusivamente en el interior de las cavernas.

UVALA: Depresión cerrada que resulta de la coalescencia de dos o más dolinas.

VADOSO: Clásicamente, referido a la zona no saturada de agua del karst.

VALLE CIEGO: Valle cuyo curso de agua superficial desaparece en un sumidero kárstico, presentando morfología en fondo de saco.

5. AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas y entidades que han facilitado su colaboración en la ejecución del Mapa del Karst y la presente Memoria. Es necesario citar, por riguroso orden alfabético a los siguientes, expresándoles nuestro agradecimiento:

Antonio Freixes, del Servei Geològic de Catalunya, que redactó amablemente una excelente síntesis sobre el karst en Cataluña, que ha servido para confeccionar parte de esta Memoria.

Joaquín Ginés, del Grup Espeleològic E.S.T. de Palma de Mallorca que nos facilitó abundante información sobre las cavidades baleares, así como testimonios de su amplia experiencia personal.

Manuel González, de la Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos (Granada) nos informó sobre las cavidades de la provincia de Granada.

Nieves Herrero, de la Sección de Espeleología de Ingenieros Industriales (Madrid), que incansablemente nos ofreció su abundantísima información sobre el karst de la cornisa cantábrica.

José Antonio Molina, de la Sociedad Excursionista de Málaga, que aportó su conocimiento de las cavidades yesíferas en el Triás de las Cordilleras Béticas.

Luis Pomar, del Departamento de Geología de la Universidad de Palma de Mallorca, nos asesoró sobre cuestiones relativas a la geología de las Islas Baleares.

Federico Ramírez, de la Sociedad Excursionista de Málaga que constantemente nos suministró información sobre las cavidades andaluzas.

Juan Antonio Sánchez, del Espeleo-Club de Almería que nos proporcionó numerosos datos de las cavidades en yesos miocenos de Almería.

Isaac Santesteban, de la Diputación Foral de Navarra, nos ofreció información geológica sobre la comunidad navarra.

Rafael Tourís, del Servei Geologic de Catalunya, que amablemente nos facilitó el conocimiento directo del karst catalán.

Y, por último, agradecer asimismo desde esta líneas el constante trabajo de prospección, exploración e investigación que realizan los numerosos espeleólogos e investigadores cuyos datos han hecho posible nuestra labor de síntesis.

6. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- AELLEN, V. y STRINATI, P. (1978): *Guía de las Grutas de Europa*. Ed. Omega. 368 pp. Barcelona.
- ALVARADO, M. (1980): Introducción de la geología general de España. *Bol. Geol. y Min.* T. XCI, fasc. 1, pp. 1-65. Madrid.
- BORRAS, J.; MIÑARRO, J.M. y TALAVERA, F. (1978): *Catàleg espeleològic de Catalunya*. Ed. *Poliglota, Técnica y Documentación*. Varios volúmenes. Barcellona.
- CARVALLO, J. (1908): La Espeleología en España. *Bol. Real Soc. Esp. His. Nat.*, t. XI, pp. 141-144.
- CASTIELLA, J. et al. (1982): Las aguas subterráneas en Navarra. Proyecto hidrogeológico. *Dirección de Obras Públicas, Servicio Geológico*, Diputación Foral de Navarra. 229 pp.
- Centre de Recherches et Documentation Cartographiques et Géographiques (1972, 2ª ed.) *Phénomènes karstiques*. *Memories et documents*, vol.4, 392 pp. París.
- DURAN, J.J. y VAL, J. (1984): El karst yesífero en España: Condicionantes geológicos y problemática territorial, ambiental y geotécnica. *I Congreso Español de Geología*, T. I, pp. 623-634. Segovia.
- FERNÁNDEZ, M. y MARTÍN, P. (1982): Catálogo de cavidades de Guadalajara. *Fed. Castellana Centro de Espeleología*, 138, pp. Madrid.
- FREIXES, A. (1985): "El karst en Catalunya: aspectos geomorfológicos e hidrológicos". *Servei. Geologic de Catalunya*. Informe no publicado. 12 pp. y 16 figuras.
- GARCÍA CODRÓN, J.C. (1984): Variantes morfoclimáticas del karst español. *Tesis doct. Univ. Compl. de Madrid*. 545 pp. Madrid.
- Grupo de la "Institución Príncipe de Viana" (1980): Catálogo espeleológico de Navarra. *Diputación Foral de Navarra C.S.I.C.* 386 pp. Pamplona.
- IGME (1977): Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería) *Colección Informe*. 145 pp. Madrid.
- IGME (1980): Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. (E. 1:1.000.000). Madrid.
- IGME (1981): Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Sur de España (Sector Occidental). *Colección Informe*, 79 pp. Madrid.
- IGME (1981): Problemática de las aguas subterráneas en la provincia de Castellón de la Plana. *Colección Informe*, 57, pp. Madrid.
- IGME (1982): Atlas hidrogeológico de la provincia de Madrid. 5 mapas a escala 1:200.000.
- IGME (1983): Puntos de interés Geológico: I sector oriental de la Cordillera Cantábrica; II Galicia. Madrid.
- IGME (1983): Síntesis hidrogeológica de la Cuenca del Guadalquivir. *Colección Informe*, 126 pp. Madrid.
- IGME (1984): Los sistemas hidrogeológicos de Cantabria. *Colección Informe*, 65 pp. Madrid.
- IGME (1984): Síntesis hidrogeológica del País Vasco y del Condado de Treviño (Burgos). *Colección Informe*, 79 pp. Madrid.
- IGME (1985): Mapa Hidrogeológico de Castilla-La Mancha (E. 1:400.000). Madrid.
- LÓPEZ-GARRIDO, C. y VERA, J.A. (1979): Mapa de distribución de unidades en las zonas externas de las Cordilleras Béticas. (E. 1:1.000.000). Granada.
- LLOPIS, N. (1970): Fundamentos de hidrogeología kárstica. (Introducción a la geoespeleología). Ed. *Blume*, 269 pp.
- ORTI CABO, F. (1974): El Keuper del Levante español. *Estudios geológicos*, vol. XXX, 1, pp. 7-46. Madrid.
- PUIG y LARRAZ, G. (1896): Cavernas y Simas de España. *Bol. de la Com. del Mapa Geol. de España*, T. XXI, pp. 1-392. Madrid.
- TALLADA, N. y FERNÁNDEZ, F. (1982): Grandes cavidades de España. *Fed. Esp. de Espeleología*. 264 pp. Madrid.
- TRÍAS, M. (1985): Glossari de Terminologia espeleològica kàrstica. *Endins*, nº10-11, pp. 71-76. Mallorca.
- VARIOS (1982): Maravillas de la Península Ibérica. *Selecciones del Reader's Digest*. 432 pp. Madrid.
- VARIOS (1973): Estudio de los recursos hidráulicos totales de Baleares. 247 pp. SGOP - Madrid.

TABLA I
PRINCIPALES CAVIDADES KARSTICAS ESPAÑOLAS EN YESO

Cuevas de desarrollo superior a 500 metros:

Cavidad	Localización	Desarrollo
Sistema Covadura	Sorbas, Almería	4.245 m
Cueva de Pedro Fernández	Estremera, Madrid	3.200-4.000 m
Cueva del Agua	Sorbas, Almería	2.500 m
Cueva del Tesoro	Sorbas, Almería	1.890 m
Cueva del Yeso	Baena, Córdoba	1.843 m
Sistema del Peral	Sorbas, Almería	1.800 m
Complejo SO 21/32	Sorbas, Almería	1.360 m
Túnel del Sumidor	Vallada, Valencia	1.250 m
Cueva-Sima del Negro	Antequera, Málaga	1.235 m
Sistema del Rotgers	Borredá, Barcelona	1.100 m
Cueva del Lapo	Sorbas, Almería	1.075
Cueva del Yeso	Sorbas, Almería	1.050 m
Complejo V-3/V-4	Sorbas, Almería	960 m
Sima del Campamento (Cueva c-1)	Sorbas, Almería	825 m
Cueva de la Mosquera	Beuda, Gerona	800 m
Sima del Corral	Sorbas, Almería	800 m
Complejo GEP/SO-30	Sorbas, Almería	720 m
Cueva del Yeso III	Antequera, Málaga	709 m
Cueva Juncar I	Antequera, Málaga	704 m
Sima Lagunillas VIII	Antequera, Málaga	615 m
Cueva Yesares I	Sorbas, Almería	548 m

Simas de profundidad superior a 100 metros:

Cavidad	Localización	Desnivel
Túnel del Sumidor	Vallada, Valencia	- 205 m
Sima del Corral (Cueva c-2)	Sorbas, Almería	- 103 m
Sistema de Covadura	Sorbas, Almería	- 126 m
Sima del Campamento (Cueva c-1)	Sorbas, Almería	- 122 m
Sima de Aguila I	Antequera, Málaga	- 112 m

TABLA II
PRINCIPALES CAVIDADES KARSTICAS ESPAÑOLAS EN FORMACIONES CARBONATADAS

Cuevas	Localización	Desarrollo
Complejo de Ojo Guareña	Merindad de Sotoscueva, Burgos	> 80.000 m
Complejo de la Piedra de San Martín	Larra, Navarra (y Francia)	> 39.000 m
Sistema Caballos-Valle	Rasinas, Santander	> 30.000 m
Sistema Cueto-Coventosa	Macizo de Porracolina, Valle de Asón, Santander	> 23.000 m
Cueva de Uzueca	Matienzo, Santander	> 16.000 m
Cueva de los Chorros	Calar del Mundo, Albacete	> 14.600 m
Cueva del Fresnedo	Fresnedo, Asturias	> 14.500 m

Simas	Localización	Desnivel
Complejo de la Piedra de San Martín	Larra, Navarra (y Francia)	> 1.300 m
BU-56 (Puertas de Illamina)	Larra, Navarra	> 1.300 m
Pozo del Xitu	Macizo Occidental de los Picos de Europa, Asturias	> 1.100 m
Sistema B-15/b-1	Macizo de Escuin, Huesca	> 1.100 m
Sima GESM	Sierra de las Nieves, Tolox, Málaga	≈ 1.100 m

CUADRO RESUMEN DEL KARST EN LAS ZONAS EXTERNAS DE LAS CORDILLERAS BÉTICAS

DOMINIOS	MATERIALES KARSTIFICABLES	EDADES	POTENCIA	PRINCIPALES MACIZOS KARSTICOS
PREBETICO	Dolomías, calizas, calizas nodulosas y calizas arenosas.	Lias y Dogger.	500 m	Sierras de Cazorla y Segura. Sierra de Taibilla. Macizo del Montduver.
	Calizas, dolomías y calizas detríticas.	Cretácico superior.	400 m	Calar del Río Mundo.
UNIDADES INTERMEDIAS	Dolomías y calizas.	Lías inf-medio.	>400 m	Sierra de Jabalcuz.
	Calizas oolíticas y noduladas, turbiditas calcáreas.	Dogger y Malm.	500 m	
SUBBETICO EXTERNO	Dolomías y calizas.	Lias inf-medio.	200-600 m	Sierras de Cabra, Mágina, Rute, Carcabuey...
	Calizas nodulosas y oolíticas.	Dogger y Malm.	50-300 m	
SUBBETICO MEDIO	Dolomías y calizas.	Lias inf-medio.	150-225 m	Sierras de Algarinejo, Archidona.
SUBBETICO INTERNO PENIBETICO	Dolomías y calizas.	Lias inf-medio.		Sierra Gorda, Sierra Arana, Sierra de María...
	Calizas nodulosas.	Dogger y Malm.	500 m	
	Dolomías.	Trias.	<100 m	
	Dolomías y calizas.	Lias inf-medio.	250-700 m	El Torcal, Sierra de Libar.
TRIAS	Calizas y calizas nodulosas.	Dogger y Malm.		
	Dolomías y calizas.	Muschelkalk.	10-100 m	
	Yesos.	Keuper (?).	Muy variable, por tectonización y halocinesis.	Antequera, Archidona, Campillos (Málaga). Baena (Córdoba), Caravaca (Murcia). Vallada (Valencia).

CUADRO RESUMEN DEL KARST EN LAS ZONAS INTERNAS DE LAS CORDILLERAS BETICAS

DOMINIOS	MATERIALES	EDADES	POTENCIA	PRINCIPALES MACIZOS KARSTICOS
COMPLEJO NEVADO-FILABRIDE. (UNIDAD DE LAS SABINAS, fund.)	Mármoles.	Paleozoico-Trías.	Variable.	Algunos sectores de Sierra Nevada.
COMPLEJO ALPUJARRIDE.	Calizas, dolomías y mármoles.	Trías medio y superior.	Variable, del orden de centenares de metros.	Sierras de Tejeda y Almijara, Sierra del Lújar...
COMPLEJO MALAGUIDE.	Calizas masivas y brechoides. Calizas organógenas.	Jurásico Eoceno.	50-100 m. 40 m.	«Cantales» entre Málaga y El Rincón de La Victoria.
«DORSAL BETICA».	Dolomías y calizas, parcialmente metamorfizadas.	Trías Medio-Jurásico.	1.500 m.	Sierra de Las Nieves.