

# 8310

## CUEVAS NO EXPLOTADAS POR EL TURISMO

**COORDINADOR**  
Francisco Javier Gracia Prieto

**AUTORES**  
Pedro A. Robledo Ardila, Juan José Durán Valsero y Policarp Garay

Esta ficha forma parte de la publicación **Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España**, promovida por la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

#### Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo.

#### Realización y producción



#### Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo y Francisco Melado Morillo.

#### Coordinación técnica

Juan Carlos Simón Zarzoso.

#### Colaboradores

Presentación general: Roberto Matellanes Ferreras y Ramón Martínez Torres. Edición: Cristina Hidalgo Romero, Juan Párbole Montes, Sara Mora Vicente, Rut Sánchez de Dios, Juan García Montero, Patricia Vera Bravo, Antonio José Gil Martínez y Patricia Navarro Huercio. Asesores: Íñigo Vázquez-Dodero Estevan y Ricardo García Moral.

#### Diseño y maquetación

Diseño y confección de la maqueta: Marta Munguía.  
Maquetación: Do-It, Soluciones Creativas.

#### Agradecimientos

A todos los participantes en la elaboración de las fichas por su esfuerzo, y especialmente a Antonio Camacho, Javier Gracia, Antonio Martínez Cortizas, Augusto Pérez Alberti y Fernando Valladares, por su especial dedicación y apoyo a la dirección y a la coordinación general y técnica del proyecto.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

**La coordinación general del grupo 8 ha sido encargada a la siguiente institución**

Sociedad Española de Geomorfología



**Coordinador:** F. Javier Gracia Prieto<sup>1</sup>.

**Autores:** Pedro A. Robledo Ardila<sup>2</sup>, Juan José Durán Valsero<sup>2</sup> y Policarp Garay<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Univ. de Cádiz, <sup>2</sup>Instituto Geológico y Minero de España, <sup>3</sup>Univ. de València.

**Colaboraciones específicas relacionadas con los grupos de especies:**

**Invertebrados:** CCentro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO, Instituto Universitario de Investigación, Universidad de Alicante). José Ramón Verdú Faraco y M<sup>a</sup> Ángeles Marcos.

**Mamíferos:** Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM). Francisco José García, Luis Javier Palomo (coordinadores-revisores), Roque Belenguer, Ernesto Díaz, Javier Morales y Carmen Yuste (colaboradores-autores).

**A efectos bibliográficos la obra completa debe citarse como sigue:**

VV.AA., 2009. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

**A efectos bibliográficos esta ficha debe citarse como sigue:**

ROBLEDO, P. A., DURÁN, J. J., GARAY, P. & GRACIA, J., 2009. 8310 Cuevas no explotadas por el turismo. En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 53 p.

**Primera edición, 2009.**

**Edita:** Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica.  
Centro de Publicaciones.

NIPO: 770-09-093-X

ISBN: 978-84-491-0911-9

Depósito legal: M-22417-2009

<b>1. PRESENTACIÓN GENERAL</b>	7
1.1. Código y nombre	7
1.2. Descripción	7
1.3. Problemas de interpretación	8
1.4. Esquema sintaxonómico	9
1.5. Distribución geográfica	9
<b>2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA</b>	17
2.1. Demarcaciones hidrográficas	17
2.2. Factores biofísicos de control	18
2.3. Especies de los anexos II, IV y V	27
2.4. Especies características y diagnósticas	27
<b>3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>	29
3.1. Determinación y seguimiento de la superficie ocupada	29
3.2. Evaluación de la estructura y función	30
3.2.1. Factores, variables y/o índices	30
3.3. Evaluación de las perspectivas de futuro	31
3.4. Identificación y evaluación de las especies típicas	31
<b>4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN</b>	33
<b>5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</b>	37
5.1. Bienes y servicios	37
5.2. Líneas prioritarias de investigación	37
<b>6. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA</b>	41
<b>7. FOTOGRAFÍAS</b>	43
<b>Anexo 1: Información complementaria sobre especies</b>	44





# 1. PRESENTACIÓN GENERAL

## 1.1. CÓDIGO Y NOMBRE

8310 Cuevas no explotadas por el turismo

## 1.2. DESCRIPCIÓN

Son aquéllas que presentan flujo de agua difuso o turbulento, intermitente o permanente, y acogen especies muy adaptadas al medio subterráneo, algunas de ellas endémicas (incluidas en el anexo II: murciélagos, anfibios y otros), representando uno de los pilares más importantes para la conservación de estos ambientes. Entre la flora típica de estas zonas destacan especies de musgos como *Schistostega pennata* y de algas, que se ubican fundamentalmente en la boca de las cavidades. También se ha catalogado un tipo de fauna cavernícola muy adaptada. Se trata de especies de invertebrados, mayoritariamente, que viven únicamente en cavidades, ya sea en la zona terrestre de la cueva o bajo aguas almacenadas a modo de lagos endokársticos. Entre los invertebrados terrestres destacan los coleópteros, particularmente las familias de *Bathysciinae* y *Trechinae*, las cuales son carnívoras y cuya distribución geográfica es muy específica. Con respecto a los invertebrados acuáticos, es importante destacar que suele ser una fauna endémica, dominada por crustáceos (*Isopoda*, *Amphipoda*, *Syncarida*, *Copepoda*) y en la que se incluyen algunas especies que habitan estos lugares desde hace varios cientos de miles de años. Otras especies de moluscos como *Hydrobiidae* pueden encontrarse de forma puntual. Con respecto a los vertebrados, las cavidades constituyen lugares de hibernación para un gran número de especies de murciélagos, algunas de las cuales están amenazadas de extinción (ver anexo II). Otras especies pueden convivir juntas en la misma cavidad. Las cuevas también son cobijo de algunos anfibios poco comunes como el *Proteus anguinus* además de especies como *Speleomantes genus*.

No obstante, las cuevas se pueden definir desde diferentes perspectivas como la geológica, geomorfológica, la antropocéntrica, la económica, la uti-

**Código y nombre del tipo de hábitat en el anexo 1 de la Directiva 92/43/CEE**

8310 Cuevas no explotadas por el turismo.

**Definición del tipo de hábitat según el Manual de interpretación de los hábitats de la Unión Europea (EUR25, abril 2003)**

Cuevas cerradas al público, incluyendo los sistemas hidrológicos subterráneos, que albergan organismos muy especializados o endémicos, o que son de capital importancia para diversas especies del Anexo II (por ejemplo murciélagos o anfibios).

**Relaciones con otras clasificaciones de hábitats**

*EUNIS Habitat Classification*

H1.1 Cave entrances

*Palaeartic Habitat Classification 1996*

65 caves

litaria o por sus formas o productos. Desde una perspectiva geológica, una cavidad es un nicho, grieta, cámara o un sistema o serie de cámaras y galerías de proyección horizontal o vertical bajo la superficie de la tierra con unas dimensiones mínimas de longitud, altura y volumen. Las cuevas son, por tanto, una expresión geomorfológica del medio rocoso en el que se encuentran controladas las circunstancias estructurales, geoquímicas y climáticas. Ello determinará ciertas características de la cueva que permitirá diferenciar diferentes tipos. Son mayoritarias las que se desarrollan en rocas carbonáticas y evaporíticas, aunque existen ejemplos en rocas metamórficas (cuarcitas) y volcánicas. La mayoría de cavidades, además, se caracterizan por presentar elementos y procesos particulares como, espeleotemas, minerales, fósiles, multiniveles y flujos de aguas permanentes o intermitentes, turbulentos o difusos.

Cabe señalar que este tipo de hábitat no se limita estrictamente a la cueva, sino también a los tipos de flujos de agua (turbulentos o difusos) y a las zonas inundadas del interior de la cavidad que pueden representar un tipo de hábitat distinto, por tanto se pueden diferenciar dos tipos de hábitat en

el interior de una cavidad: subaéreo y submarino con las connotaciones intrínsecas. Además, existen especies cuyo subhábitat es mixto puesto que viven parcialmente en ambos ambientes.

La relevancia de este tipo de hábitat se centra bien en la presencia de especies típicamente cavernícolas (altamente endémicas o especializadas), como las especies del anexo II, particularmente murciélagos (donde las cuevas pueden ser tanto lugares de cría como de refugio) o anfibios (como el paradigmático *Proteus anginus* de los ríos subterráneos de Slovenia).

Por muy interesantes que pudieran ser, las cuevas habilitadas para el turismo quedan claramente fuera del alcance de la Directiva (a pesar de que muchas cuevas turísticas contienen fauna troglobia y stigeobia, o albergan colonias de murciélagos o poblaciones de anfibios (como sucede con la famosa Postojna Jama).

Asimismo, se debe entender que el término “cueva” se aplica en la Directiva de una manera amplia y genérica (en inglés *cave*, en francés *gouffre*, en esloveno *jama*) y, por lo tanto, se incluyen también las simas y otras cavidades que también reciben otras denominaciones particulares: torcas, sumideros, surgencias; en definitiva cuevas *sensu lato*.

También se consideran las cuevas continentales no explotadas por el turismo (se incluyen los lagos y flujos de agua de su interior), que albergan especies cavernícolas, especialmente faunísticas, altamente especializadas o endémicas.

Aunque es posible encontrar cuevas y oquedades en todo tipo de sustratos compactos, son mucho más abundantes en los macizos kársticos desarrollados sobre sustratos solubles, como yesos, calizas y dolomías entre otros.

Por tanto, estos ambientes tan especiales son más frecuentes en los tramos carbonáticos de las grandes cordilleras (Pirineos, Cordillera Cantábrica), así como en las sierras y montañas del este y del sur de la Península, Baleares y Canarias. El medio cavernícola se caracteriza por la falta de luz, por lo que los organismos fotosintéticos quedan relegados a las entradas de las cavidades. En estas bocas podemos encontrar algunas plantas vasculares propias

de roquedos y que requieren ciertas condiciones de humedad ambiental (como algunos helechos: *Phyllitis*, *Polypodium*, etc.), así como musgos y algas tapizantes. Las plantas vasculares quedan relegadas a la zona de la cavidad que recibe más luz, mientras que los musgos y, sobre todo, los tapetes algales verdinosos pueden llegar más al interior, desapareciendo finalmente con la pérdida progresiva de luminosidad todo rastro vegetal.

Uno de los aspectos más interesante de este medio es la fauna altamente especializada que cobija. La fauna residente en las cuevas está constituida, principalmente, por invertebrados terrestres o acuáticos, sobresaliendo algunos grupos de coleópteros, crustáceos, arácnidos y moluscos, con especies de distribución muy restringida o endémica como consecuencia del carácter aislado y restrictivo de este tipo de hábitat. Entre los vertebrados destacan los murciélagos, que utilizan las cuevas como refugios invernales o para instalar en ellas sus colonias de cría. Se trata de animales muy vulnerables (con varias especies incluidas en el anexo II de la Directiva Hábitats) y de biología aún insuficientemente conocida, circunstancias que aumentan el valor de las cuevas como tipo de hábitat de interés.

No obstante, una cavidad no suele ser una forma geológica independiente sino que, en la mayoría de ejemplos, forman parte de un sistema complejo en el que se conjugan procesos, formas y productos que lo hacen especialmente singular y donde el agua es el motor que controla todo el sistema. Las cavidades pueden presentar un amplio abanico de formas en planta y en sección; pueden ser de desarrollo horizontal o vertical, con varios niveles de desarrollo y, en ocasiones, con flujos de agua más o menos permanentes que circulan por sus conductos. Pueden estar salpicadas por una gran variedad de formas de precipitación química como estalagmitas o estalactitas, una mineralogía diversa y diferentes formas de disolución.

### 1.3. PROBLEMAS DE INTERPRETACIÓN

La interpretación de este tipo de hábitat puede dar lugar a errores si no nos ajustamos estrictamente a la definición propuesta a la hora de catalogarlo. El más común de los errores en este tipo de hábitat se



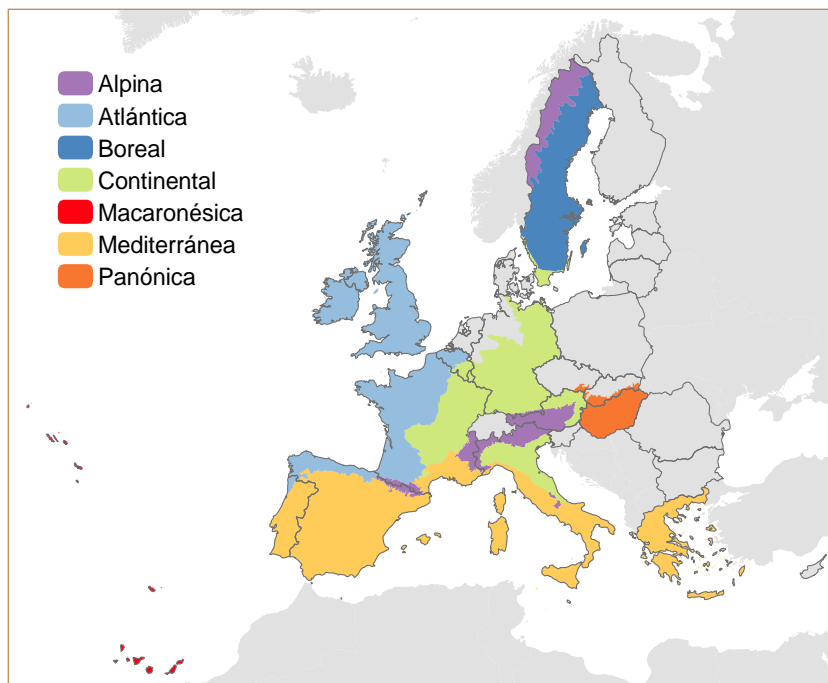
da por su estructura en planta. Las cavidades pueden ser de desarrollo vertical (simas) u horizontal. Es importante atender a la definición y clasificación de tipos de cavidades propuesta por Ford & Williams (1991). Algunas oquedades no son naturales, como las minas o los pozos entre otras. Sin embargo, existen ejemplos donde parte de una mina o un pozo es natural, lo que lleva a definirlo, en parte o en su conjunto, como una cavidad. Además, algunos ejemplos de sistemas subterráneos de origen antrópico abandonados pueden constituir un ejemplo de este tipo de hábitat puesto que tanto procesos geológicos como biológicos propios de las cavidades tienen lugar en estos enclaves.

Las dimensiones es otro de los factores que pueden dar lugar a error puesto que cualquier oquedad en la roca no puede denominarse cavidad. En la literatura científica sólo se consideran cavidades aquellos huecos de la roca que superan un umbral dimensional, tanto en longitud como en volumen, por debajo del cual se denomina únicamente porosidad.

#### 1.4. ESQUEMA SINTAXONÓMICO

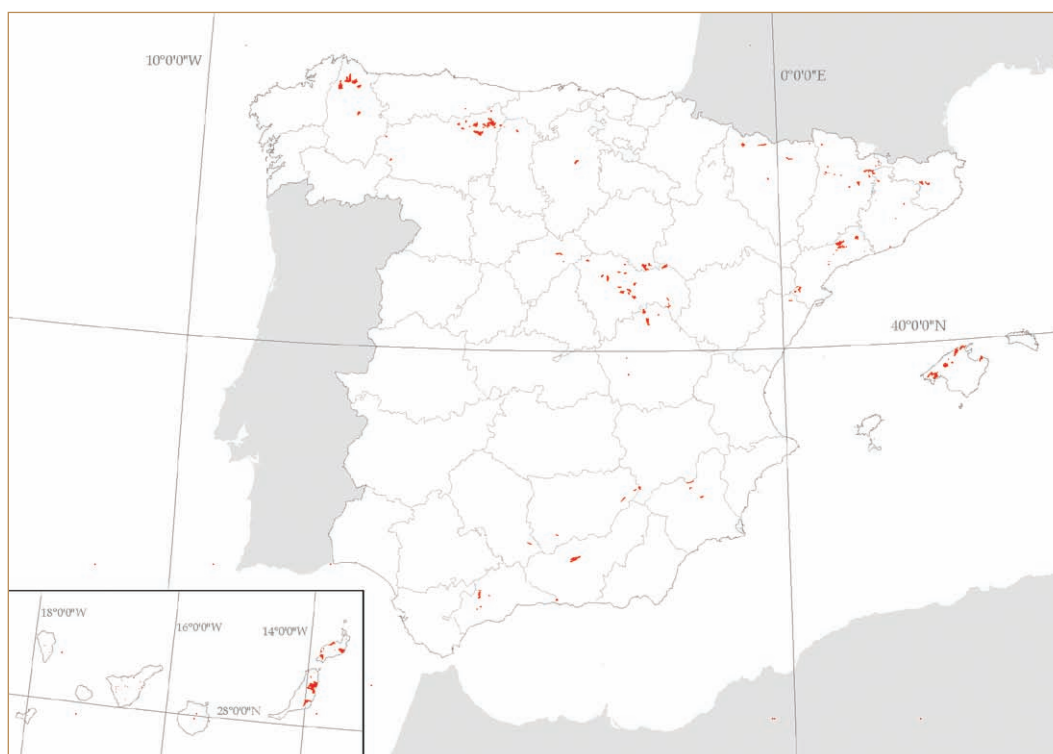
No existen estos tipos de hábitat en el *Atlas y Manual de los Hábitat de España*.

#### 1.5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA



**Figura 1.1**

**Mapa de distribución del tipo de hábitat 8310 por regiones biogeográficas en la Unión Europea.** Datos de las listas de referencia de la Agencia Europea de Medio Ambiente



**Figura 1.2**  
**Mapa de distribución estimada del tipo de hábitat 8310.** Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005.

Región biogeográfica	Superficie ocupada por el hábitat (ha)	Superficie incluida en LIC	
		(ha)	(%)
Alpina	4.779,96	2.973,24	62,20
Atlántica	1.730,34	766,56	44,30
Macaronésica	365,72	93,04	25,44
Mediterránea	28.925,11	14.456,80	49,98
<b>TOTAL</b>	<b>35.801,14</b>	<b>18.289,65</b>	<b>51,09</b>

Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005.

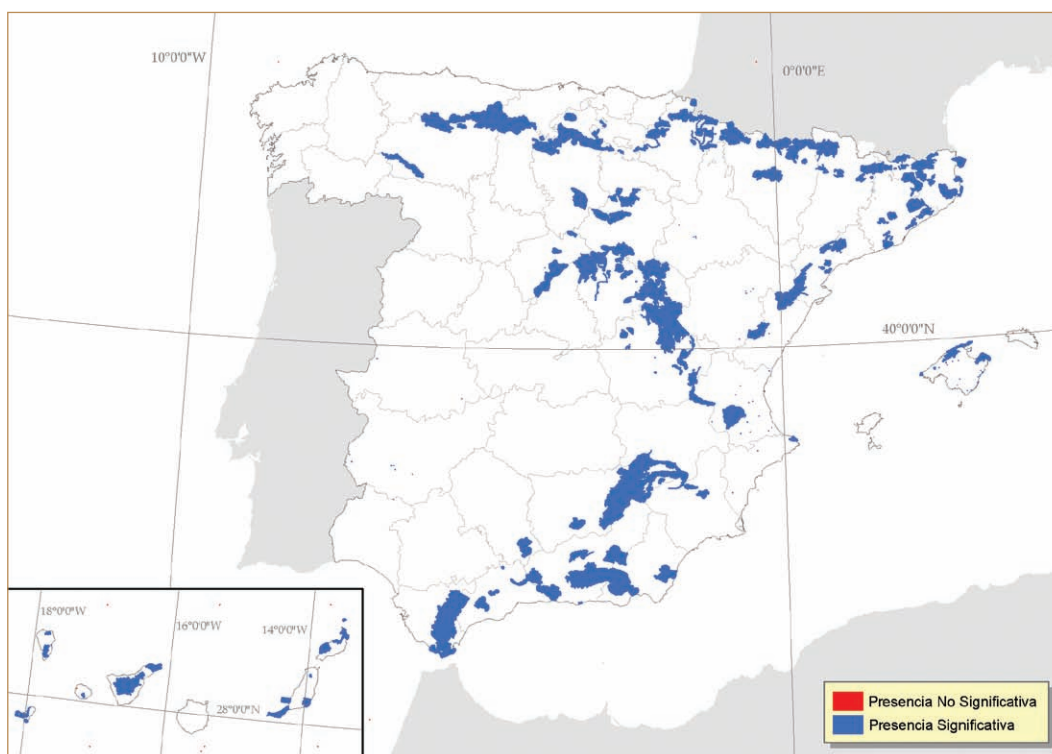
**Tabla 1.1**  
**Superficie ocupada por el tipo de hábitat 8310 por región biogeográfica, dentro de la red Natura 2000 y para todo el territorio nacional.** Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005.

La distribución espacial de las cuevas en España coincide casi en su totalidad con la distribución de las rocas carbonáticas y evaporíticas, siendo casos puntales las cavidades en rocas metamórficas (desarrolladas en cuarcitas), o en rocas ígneas como los ejemplos de las Islas Canarias. Las cavidades se distribuyen mayoritariamente en la franja norte en las Cordillera Cantábrica y Pirenaica, hacia el este en la Cordillera Costero Catalana y parte del Macizo Central. Y hacia el sur en las Cordilleras Béticas y Cuencas Terciarias. Además, en el conjunto de las Islas Baleares y Canarias. El mapa del karst de España elaborado por Durán & López (1989) constituye una excelente herramienta de aproximación a la realidad de la distribución de los sustratos que albergan el tipo de hábitat objeto de estudio.

Las cuevas desarrolladas en rocas carbonáticas y evaporíticas están vinculadas, en su mayor parte, a acuíferos, siendo éstas la zona vadosa de los mismos o, en algunos casos concretos (fundamentalmente en acuíferos costeros), se halla en contacto con la superficie del nivel freático. Están normalmente asociadas a macizos carbonáticos del Jurásico y el Cretácico, o a plataformas carbonatadas del Mioceno superior y Plioceno, aunque en casos puntuales se observan en otras litologías como cuarcitas o rocas volcánicas (el ejemplo de las Islas Canarias). En el caso de algunas cavidades pueden observarse surgencias, tanto en cavidades continentales como litorales, aunque con menor presencia en la zona atlántica interior y gran abundancia en la zona mediterránea y las Islas Baleares. Entre las comunidades autónomas con mayor presencia de cavidades (en número y desarrollo en el subsuelo), tanto continentales, como litorales destacan: Cantabria, Asturias, Castilla y León, Andalucía, Islas Baleares, Castilla la Mancha, Comunidad Valenciana y, en menor medida, Región de Murcia y las Islas Canarias. Otras comunidades autónomas como Extremadura, País Vasco, Galicia, Madrid o La Rioja, aunque también albergan cavidades, éstas suponen un pequeño porcentaje del total.

Sin embargo, y a pesar del conocimiento del mayor número de cavidades en la mitad oriental de la Península Ibérica (incluyendo las Islas Baleares), todavía no existe en España un inventario de cavidades no explotadas por el turismo que sirva como eje de referencia y base documental para la realización de una cartografía eficiente. A ello se suman las dificultades propias de este tipo de hábitat a la hora de inventariar y cartografiar estos sistemas geoambientales, ya que la gran mayoría de sistemas endokársticos se suceden tanto en rocas solubles (cavidades kársticas) como en otras litologías (seudokarst), con infinidad de sistemas puntuales de pequeña entidad que hacen muy complicada su cartografía o incluso su catalogación. Por último, destacar la complicación añadida de explorar e inventariar un tipo de hábitat en el subsuelo. Este aspecto es determinante puesto que, como ponen de relieve autores como J. J. Durán, P. A. Robledo, J. Ginés, A. Ginés, J. y M. Calaforra, entre otros, así como los grupos de espeleología nacionales, en algunas de sus publicaciones, existe todavía un número muy elevado de cavidades sin explorar y, por tanto, susceptibles de no ser catalogadas y cartografiadas en la ficha objeto de análisis.

La metodología de trabajo que se plantea para realizar una primera aproximación al inventario de cuevas no explotadas por el turismo en España, pasa por la revisión del *Mapa del karst en España* publicado por Durán y López (1989) y su conversión a escala 1:200.000, la creación de una banco de datos (ENDOBANC) donde se almacenen todas aquellas cavidades inventariadas por grupos locales de espeleología, universidades u organismos de investigación, que permita un georreferenciación y almacenamiento continuo como base para su posterior cartografía en mapas geológicos de la Serie Magna publicados por el IGME e hidrogeológicos a escala 1:50.000 y disponibles en formato electrónico (cartografía digital disponible en la página web del IGME).

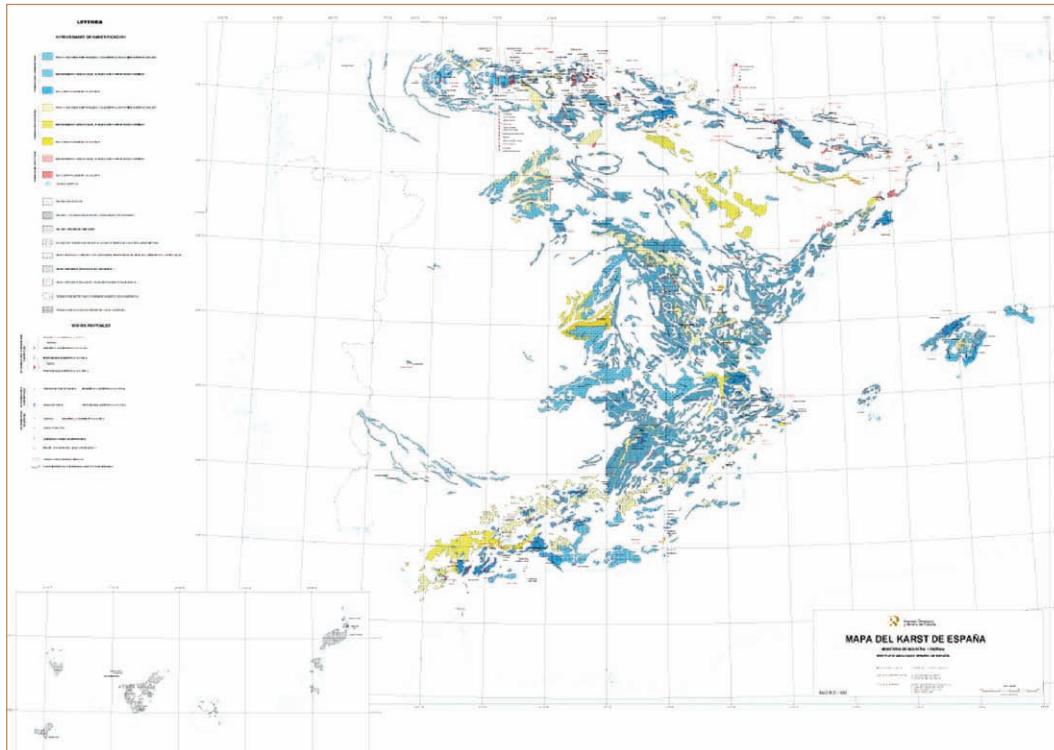


**Figura 1.3**  
**Lugares de Interés Comunitario en que está presente el tipo de hábitat 8310.**  
 Datos de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

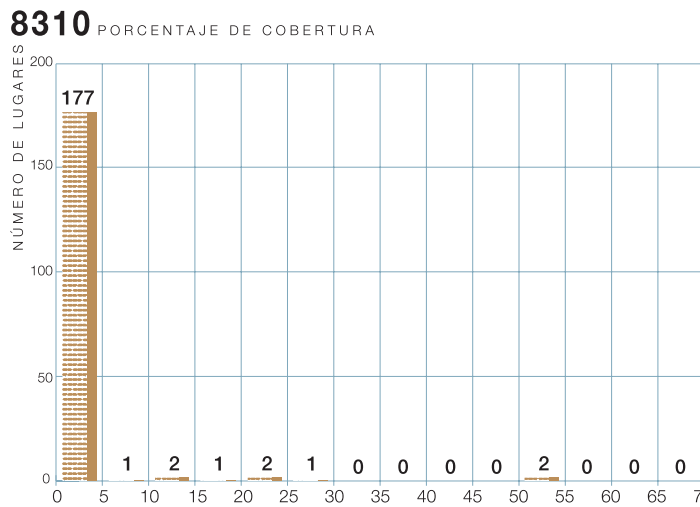
Región biogeográfica	Evaluación de LIC (número de LIC)				Superficie incluida en LIC (ha)
	A	B	C	In	
Alpina	10	6			2.521,07
Atlántica	2	3	2		1.716,58
Macaronésica	12	7			3.049,44
Mediterránea	55	82	22		33.786,69
<b>TOTAL</b>	<b>79</b>	<b>98</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>33.786,69</b>

A: excelente; B: bueno; C: significativo; In = no clasificado.  
 Datos provenientes de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

**Tabla 1.2**  
**Número de LIC en los que está presente el tipo de hábitat 8310, y evaluación global de los mismos respecto al tipo de hábitat. La evaluación global tiene en cuenta los criterios de representatividad, superficie relativa y grado de conservación.**



**Figura 1.4**  
**Mapa del karst en España.**  
 Zonas donde se ubica el mayor porcentaje de cuevas en España debido a las litologías solubles que conforman el sustrato.



**Figura 1.5**  
**Frecuencia de cobertura del tipo de hábitat 8310 en LIC.**  
 La variable denominada porcentaje de cobertura expresa la superficie que ocupa un tipo de hábitat con respecto a la superficie total de un determinado LIC.

		ALP	ATL	MED	MAC
Andalucía	Sup.			2,11 %	
	LIC			12,57 %	
Aragón	Sup.	45,02 %		0,61 %	
	LIC	62,50 %		6,90 %	
Asturias	Sup.		0,04 %		
	LIC				
Canarias	Sup.				100 %
	LIC				100 %
Castilla- La Mancha	Sup.			34,19 %	
	LIC			9,43 %	
Castilla y León	Sup.		21,86 %	6,81 %	
	LIC		71,42 %	11,32 %	
Cataluña	Sup.	54,97 %		20,41 %	
	LIC	25,00 %		10,69 %	
Comunidad Valenciana	Sup.			0,61 %	
	LIC			13,20 %	
Extremadura	Sup.				
	LIC			5,66 %	
Galicia	Sup.		78,09 %		
	LIC			0,62 %	
Islas Baleares	Sup.			35,15 %	
	LIC			22,01 %	
La Rioja	Sup.				
	LIC			0,62 %	
Navarra	Sup.				
	LIC	12,50 %	28,57 %	5,66 %	
Región de Murcia	Sup.			0,06 %	
	LIC			1,25 %	

**Sup.:** porcentaje de la superficie ocupada por el tipo de hábitat de interés comunitario en cada comunidad autónoma respecto a la superficie total de su área de distribución a nivel nacional, por región biogeográfica.

**LIC:** porcentaje del número de LIC con presencia significativa del tipo de hábitat de interés comunitario en cada comunidad autónoma respecto al total de LIC propuestos por la comunidad en la región biogeográfica. Se considera presencia significativa cuando el grado de representatividad del tipo de hábitat natural en relación con el LIC es significativo, bueno o excelente, según los criterios de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000.

**Nota:** en esta tabla no se han considerado aquellos LIC que están presentes en dos o más regiones biogeográficas.

Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005, y de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

**Tabla 1.3**

**Distribución del tipo de hábitat 8310 en España por regiones biogeográficas y comunidades autónomas.**

Si atendemos a la propuesta de inventario y cartografía anteriormente citada se desprende de ella que, la mayor concentración de cavidades se presenta en las de litologías solubles correspondientes a afloramientos carbonáticos y evaporíticos. Entre ellos destacan la Cordillera Cantábrica, Pirenaica, Bética y Cuencas Terciarias. También, la Sierra de Tramuntana y las plataformas carbonáticas del Mioceno superior de las Islas Baleares. Con menos presencia el Sistema Ibérico y sierras adyacentes, así como las Cordillera Costero Catalana.

Otra información fundamental es la tipología del tipo de hábitat en cuestión dependiendo de: a) su región climática; b) composición geoquímica de la roca encajante; c) su interrelación con seres vivos; d) la influencia de las actividades humanas.

- a) Los ecosistemas endokársticos se pueden clasificar en varios tipos según la región climática y geográfica donde se localicen. Por ello, se han distinguido entre aquellos situados en regiones tropicales, subtropicales, mediterráneas, de Gondwana, áridas, semiáridas y de otras regiones para conocer los mecanismos de formación.
- b) También se pueden comparar los ecosistemas kársticos a partir de la influencia de la composición geoquímica de las rocas carbonatadas en la selección de especies y en la biodiversidad.
- c) Los ecosistemas kársticos subterráneos han sido determinantes y diferentes entre ellos, en la evolución de las especies trogloditas y su relación con las de la superficie.
- d) La relación existente entre los ecosistemas endokársticos y las actividades humanas. Por ejemplo, el impacto del ecosistema en la agricultura, el impacto de las actividades humanas (urbanizaciones, canteras, minería, agricultura y otros).

Es importante destacar que, aunque las cavidades habilitadas al turismo no forman parte del tipo de

hábitat en cuestión, algunas de éstas son ejemplos singulares que cumplen con todas las características que se describen en la ficha de *Cuevas continentales no turísticas* y son excelentes ejemplos del tipo de hábitat en cuestión. En este sentido, algunas cavidades albergan importantes colonias de murciélagos, flora y fauna endémica y formas de precipitación química y/o de disolución espectaculares. Destacan las cuevas de El Soplao, en Cantabria y Castañar de Ibor en Extremadura, por las concreciones aragoníticas; la Cueva de Nerja por las formaciones estalagmíticas y restos arqueológicos de asentamientos humanos: la Cueva del Tesoro por las formas de disolución en *swish cheese* consecuencia del la exposición de la roca en la zona de mezcla entre aguas dulces y saladas. Además, la mayor parte de estas cavidades no están completamente abiertas al turismo sino que la mayor parte de su recorrido permanece fuera del itinerario del visitante manteniéndose el hábitat inalterado y, por tanto, cumpliendo los objetivos de la ficha. También es importante destacar que la monitorización de muchas cuevas turísticas permite que podamos estudiar las variaciones que sufre su microclima debido a la presencia de visitantes u otras alteraciones que puedan afectar a la roca o el agua. Con ello, podemos entender mejor el funcionamiento de las cuevas no explotadas por el turismo, saber cuál es el estado de conservación desde el que se parte y como es evolución respecto a los parámetros ambientales. El hecho de no estar habilitadas no implica que no sufran alteración, natural o antrópica.

En la actualidad, la cueva de Nerja, El Soplao, Campanet, Valpoerquero, Castañar, Mendukilo, entre otras, permiten, con la monitorización de una parte importante de la cueva, conocer la evolución anual y estacional de los parámetros ambientales. Y, fundamentalmente, detectar anomalías que alteran su evolución natural y corregirlas. Con esto, se pone de manifiesto que gran parte de estas cavidades deberían incluirse en el programa hábitat por su aportación e importancia en éste.







## 2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA

### 2.1. DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS

La distribución de cuevas no explotadas por el turismo se integra prácticamente en el total de las demarcaciones hidrográficas de España según el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, siendo la interrelación del tipo de hábitat en cuestión mayor en el caso de aquéllas que se han escrito en negrita.

#### Demarcaciones hidrográficas Intracomunitarias:

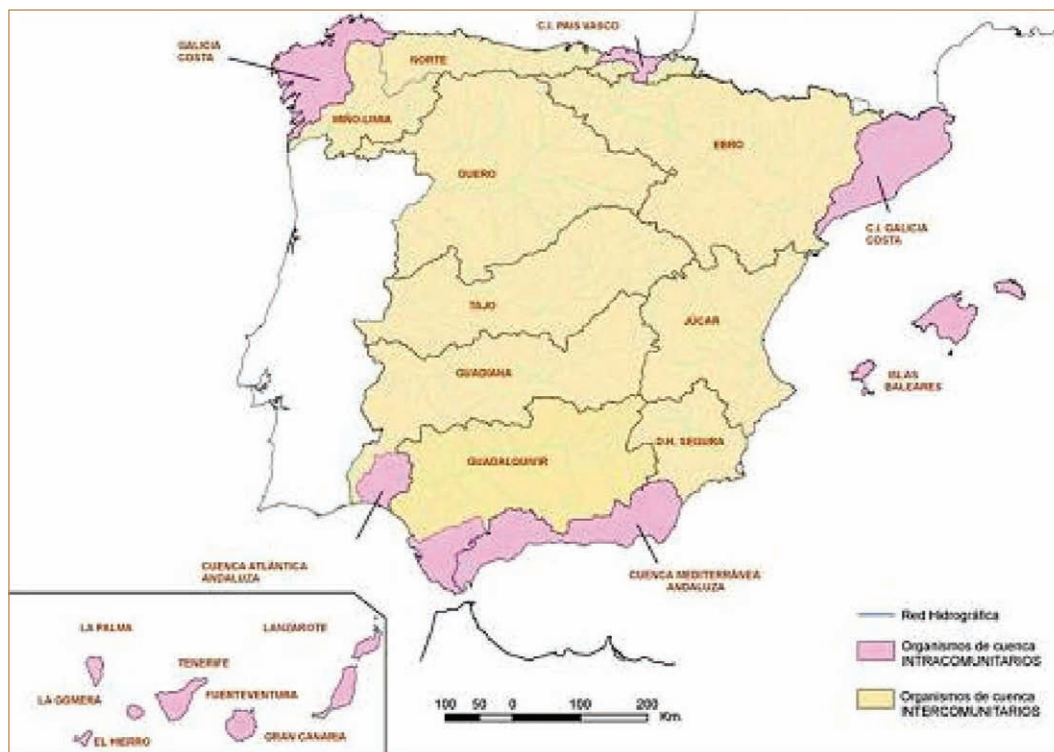
1. Demarcación hidrográfica de Galicia-Costa
2. Demarcación hidrográfica de las Cuencas Internas del País Vasco
3. Demarcación hidrográfica de las Cuencas Internas de Cataluña
4. Demarcación hidrográfica de las Cuencas Atlánticas de Andalucía
5. **Demarcación hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas de Andalucía**
6. **Demarcación hidrográfica de las Islas Baleares**
7. Demarcaciones hidrográficas de las Islas Canarias

Demarcaciones hidrográficas con cuencas intercomunitarias situadas en territorio español:

1. **Demarcación hidrográfica del Guadalquivir.**
2. **Demarcación hidrográfica del Segura.**
3. **Demarcación hidrográfica del Júcar.**

Demarcaciones Hidrográficas correspondientes a las cuencas hidrográficas compartidas con otros países:

1. Parte española de la Demarcación hidrográfica del Miño-Limia.
2. **Parte española de la Demarcación hidrográfica del Norte.**
3. **Parte española de la Demarcación hidrográfica del Duero.**
4. **Parte española de la Demarcación hidrográfica del Tajo.**
5. **Parte española de la Demarcación hidrográfica Guadiana.**
6. Parte española de la Demarcación hidrográfica Ebro.
7. Parte española de la Demarcación hidrográfica Ceuta.
8. Parte española de la Demarcación hidrográfica Melilla.



**Figura 2.1**

**Distribución de las demarcaciones hidrográficas en España.**

Datos según el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija su ámbito territorial.

Una gran parte de cavidades relacionadas con las demarcaciones citadas están relacionadas con masas de agua subterránea de naturaleza fundamentalmente carbonatada aunque también mixta.

- La litología.
- La estructura (fracturas, fallas, pliegues y otros).
- La vegetación y el agua.
- El tiempo de exposición de la roca.

## 2.2. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL

Los factores biofísicos de control en cavidades no explotadas por el turismo se ajustan, casi en su totalidad, a los que condicionan el desarrollo de cavidades kársticas. Los procesos de karstificación y, con ellos, la formación de cavidades, están controlados por:

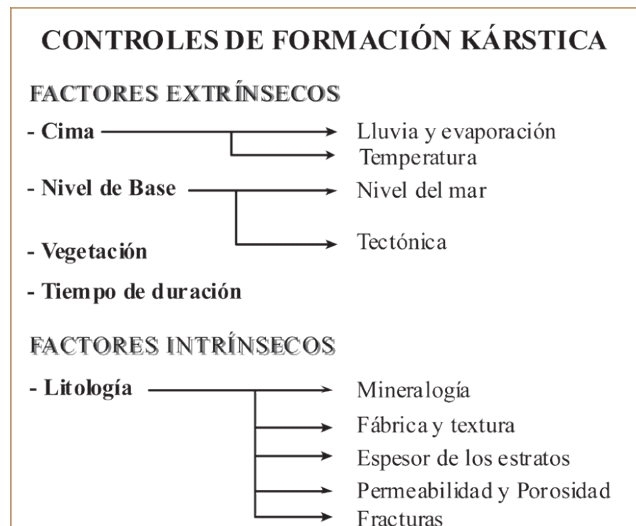
No obstante, es necesaria la conjunción de todos los factores para que pueda darse el proceso químico que da lugar a la disolución y/o precipitación de carbonato. Desde el punto de vista químico, la caliza está compuesta principalmente por carbonato cálcico,  $\text{CaCO}_3$ . Si el contenido en  $\text{CaCO}_3$  es inferior al 60%, difícilmente se podrán desarrollar cavidades ya que, o bien la porosidad se colmatará por los materiales insolubles que contiene la propia roca, como son las arcillas

de descalcificación, por ejemplo, o no tendrán la suficiente entidad para ajustarse a la definición de cavidad. Por ello se pueden dividir en factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores *intrínsecos* son aquellos que dependen de las propiedades de la roca donde se desarrolla el karst. La litología, la porosidad y la permeabilidad son los más destacables, aunque la estructura y la estratigrafía son también de gran importancia. Los factores *extrínsecos* son los agentes externos que condicionan la evolución del proceso kárstico. Probablemente, el factor extrínseco más importante sea el clima ya que determina la:

- Temperatura.
- Precipitación.
- Evaporación.

Estos, junto con los factores que determinan el nivel de base y su fluctuación, ejercen un control en la ubicación de la zona vadosa y freática.

La vegetación (también directamente relacionada con el clima) es otro factor de gran importancia, sobre todo en su papel de productor de CO<sub>2</sub>. También el tiempo de duración de la exposición subaérea de la roca, es relevante y objeto de análisis.



**Figura 2.2**

**Factores biofísicos que controlan el desarrollo de una cavidad.**

### ■ Factores intrínsecos

#### La litología de las rocas karstificables

La evolución genética del proceso kárstico está directamente relacionada con la capacidad que tienen algunas rocas de reaccionar ante determinados elementos y ser disueltas. Sólo un grupo reducido de rocas como las carbonatadas (calizas y dolomías),

las evaporitas (yeso, anhidrita, sales y otras) y las cuarcitas (sólo bajo condiciones tropicales), se adecuan a estas características y pueden derivar en formas o paisajes kársticos.

#### Rocas carbonatadas

La importancia de las rocas carbonatadas en la karstificación no sólo es significativa por la capacidad de disolución sino también por su vo-

lumen en la corteza terrestre. Más de un 12% de estos materiales afloran en la superficie terrestre (siendo más importantes en el hemisferio norte) y constituyen almacenes de agua del 25% de la población mundial (Ford & Williams, 1989). Las rocas carbonatadas están compuestas por dos subgrupos importantes que son las calizas y las dolomías. Desde un punto de vista mineralógico, están constituidas por fases estables (calcita y dolomita) y por fases inestables (aragonito y calcita

magnesiana). Estas últimas fases son muy abundantes en los sedimentos carbonatados recientes, pero tienden a transformarse en calcita y dolomita cuando el sedimento se transforma en roca, debido a los procesos de diagénesis y litificación. Esta estabilización mineralógica da lugar a un cambio de los tipos de porosidad y su distribución, así como en la permeabilidad. Esta estabilización es más rápida en sedimentos de grano fino y bajo un clima húmedo (Tucker, 1990).

Roca	Mineral	Fórmula química
Caliza	Calcita	$\text{CaCO}_3$
Dolomía	Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)$

**Figura 2.3**  
Roca y mineral de los subgrupos más importantes de las rocas carbonatadas.

Las calizas y dolomías son rocas que poseen propiedades kársticas debido a que son solubles en presencia de  $\text{CO}_2$  y agua. Se diferencian en la suscep-

tibilidad a ser disueltas en distintas condiciones. La caliza es, generalmente, más soluble, sobre todo bajo climas templados (Bögli, 1980).

Propiedades	Caliza pura Calcita ( $\text{CaCO}_3$ )	Dolomía pura Dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ )
Densidad $\text{g/cm}^3$	2,9	2,7
Resistencia a la presión ( $\text{kp/cm}^2$ )	340-3400	620-3670
Solubilidad en frío en ácido hidrociorídico	Alta	Baja
Solubilidad en caliente en ácido hidrociorídico	Alta	Baja
Solubilidad en ácido acético	Alta	Sin reacción

**Figura 2.4**  
Propiedades de las rocas carbonatadas ante determinados elementos.

### Las rocas evaporíticas

Las evaporitas son un tipo de roca que se forma principalmente en climas áridos. Dependiendo de la composición y solubilidad de los iones se forman sulfatos (yeso, anhidrita) o cloruros (halita, silvina). Las más frecuentes son los yesos. En algunas zonas de la Península Ibérica, hay grandes formaciones yesíferas que comúnmente se encuentran karstificadas. En ellas se han descrito grandes cavidades (como en los yesos miocenos de Sorbas, Almería).

### Las rocas cuarcíticas

Las cuarcitas constituyen un caso especial y, hasta hace muy poco tiempo, no eran consideradas como rocas karstificables por su baja solubilidad. Contrariamente a lo que se pensaba, sí pueden ser disueltas bajo condiciones climáticas especiales o en medios con aporte de aguas termales. White (1960) ya describe algunas formas en Roraima, Guayana (al Sureste de Venezuela) a las que denomina “*karst cuarcítico*”. White (1960 y 1966) describe dicha cuarcita precámbrica como una roca compuesta de granos de cuarzo con una matriz de sílice y cantidades inferiores al 5% de feldespato. Colvé (1973) describe una cavidad de grandes dimensiones al Sureste de Venezuela desarrollada en unas facies cuarcíticas. Eraso & Lima (1990), en el Grupo Itacolmi, en las Minas de Gerais (Brasil) y Lario & Martínez (1991) en Aonda (Venezuela), realizan una aproximación al karst en cuarcitas describiendo importantes sistemas endokársticos.

### La permeabilidad

La permeabilidad es un factor muy importante ya que determina la tasa de circulación de fluidos. La permeabilidad es la capacidad que tiene una roca de permitir el paso de un fluido (agua, petróleo, gas) en condiciones determinadas de presión y temperatura. Por tanto, las cavidades se pueden cuantificar tanto por el volumen de poro como por la permeabilidad. Esta propiedad está gobernada por la ley de Darcy:

$$Q=K \cdot S \cdot P / v_s \cdot e$$

Donde  $Q$  es el caudal en  $\text{cm}^3/\text{s}$ ,  $S$  es la sección de roca,  $e$  el espesor de la roca,  $P$  la presión,  $v_s$  la viscosidad del fluido y  $K$  el coeficiente de permeabilidad absoluta.

La permeabilidad no está siempre directamente relacionada con el tamaño de los poros ni con la porosidad absoluta (volumen de la cavidad), sino con la conectividad que existe entre éstos. Autores como Guilleon (1996) hacen hincapié en la importancia de las cavidades de gran tamaño como control del sistema hidrogeológico.

### ■ Factores extrínsecos

#### El Clima

El clima es el factor del cual dependen la precipitación, la temperatura y la evaporación. Todos ellos mantienen una estrecha interrelación y, a su vez, son reguladores de otros elementos sustanciales en los procesos de karstificación como son el  $\text{CO}_2$  y en consecuencia la  $P_{\text{CO}_2}$  (Presión parcial de dióxido de carbono). Pero el factor climático no sólo es importante en la zona más superficial, sino que en las zonas del subsuelo más profundas de la roca caliza también es un factor de control para los procesos de circulación de fluido y disolución.

El régimen climático determina los procesos de infiltración, disolución y precipitación tanto en la zona vadosa como en la zona freática, bajo la superficie de exposición subaérea. Los fenómenos de cementación en regiones áridas y semiáridas son más lentos debido a la escasez de precipitaciones. Ello significa que los cambios en la porosidad consecuencia de estos fenómenos son poco significativos. En las regiones templadas o tropicales donde las precipitaciones son más importantes, estos procesos se aceleran, siendo más significativos sobre los cambios de porosidad (Choquette & James, 1987). Este hecho significa que el porcentaje de cementos es mayor para zonas situadas en climas templados y tropicales que en climas áridos o semiáridos.

#### La vegetación

La importancia de la vegetación en el proceso de karstificación deriva del hecho de ser el principal productor natural de  $\text{CO}_2$  y, en consecuencia, ejercer un control en la ocurrencia e intensidad de los procesos de disolución. La producción de  $\text{CO}_2$  es generada de forma directa debido al propio ciclo vital de las plantas y, de forma indirecta, por acumulación de materia orgánica, que será posteriormente descompuesta por microorganismos generando

también  $\text{CO}_2$ . La interrelación de estos aspectos será relevante en las cantidades de  $\text{CO}_2$  producidas principalmente en el suelo, y por tanto, en los porcentajes de la  $\text{Pco}_2$ , factor crítico en los procesos de disolución de las rocas carbonatadas.

Por otra parte, la vegetación es un elemento que da lugar a procesos como la evapotranspiración, además de ser en algunas áreas un excelente regulador la escorrentía superficial. Por tanto, el volumen de agua que pasa por un sistema depende de la vegetación, puesto que determinará la intensidad de los procesos hidrológicos (de infiltración o escorrentía) geomorfológicos (de erosión, transporte o deposición de materia) y geoquímicos (de disolución).

#### ■ El nivel de base y los cambios de nivel del mar

La importancia del concepto nivel de base, así como los cambios del nivel del mar sobre la karstificación, ha sido destacada desde principios de siglo por autores como Davis (1930), Bretz (1942), Bögli (1980), Ford y Williams (1989), Wright (1991) o Guilleson (1996) entre otros.

El nivel de base en cavidades litorales está condicionado por las fluctuaciones del nivel del mar y las elevaciones tectónicas y, ambos a su vez, también ejercen un control sobre el nivel freático. El nivel freático es un elemento clave en el desarrollo del sistema de cavernas (Ford y Williams, 1989) puesto que condiciona notablemente la naturaleza y evolución de la porosidad en las rocas carbonatadas y en consecuencia, el tipo y tamaño de conducto (Ford y Williams, 1989; Wright, 1991; Guilleson, 1996).

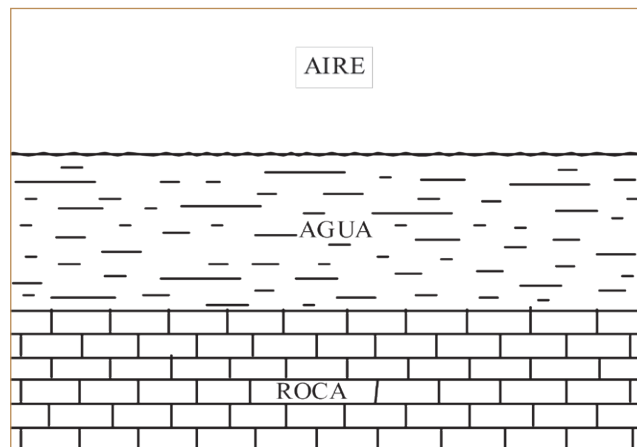
Las fluctuaciones del nivel del mar de alta frecuencia también influyen en el desarrollo hidrológico del karst controlado por la amplitud de los cambios y actuando de forma más intensa en las regiones litorales. Muchas estructuras endokársticas se encuentran en el registro geológico representando los ciclos de Milankovich. La precisión, oblicuidad y ciclos de excentricidad, son conocidos en la actualidad por ser importantes en el control de la deposición carbonatada como en la karstificación (Wright, 1991). Este factor se verá más claro si consideramos los efectos de los diferentes órdenes de cambios del nivel del mar:

- Durante los pequeños órdenes de cambio ( $4^{\circ}$  y  $5^{\circ}$  orden), el tiempo de residencia de los sedimentos carbonatados en la zona meteórica será relativamente corto. Tales caídas de pequeña escala, generarán poco relieve y el flujo de las aguas meteóricas será muy pequeño dando como resultado poca disolución y cementación. Este flujo será de tipo difuso y las oportunidades del desarrollo del karst serán menores.
- Durante el aumento progresivo de la amplitud de los cambios ( $2^{\circ}$  y  $3^{\circ}$  orden), dichos efectos serán más significativos, reflejando largas exposiciones que incrementan el relieve y el flujo. Este pasará a ser de tipo conducto ampliando las formas kársticas y desarrollando cavidades.

El grado de karstificación en función de los cambios del nivel de base y cambios del nivel del mar, está relacionado con el tipo de material depositado, período de exposición, clima, relieve y balance entre la elevación tectónica y la erosión. Las cavidades de mayor dimensión se desarrollan normalmente asociadas con algún control tectónico. Por ejemplo, Palmer & Palmer (1990) apuntan que los principales sistemas endokársticos en Estados Unidos están relacionados con grandes discordancias, reflejando importantes procesos tectónicos. La tectónica por tanto, desde un punto de vista global, juega un papel fundamental en el desarrollo de cavidades en rocas de cualquier litología, así como su implicación en otros fenómenos más locales, ya que da lugar a familias de fallas y fracturas que posteriormente facilitarán la circulación de agua a través de la roca.

#### ■ Proceso de disolución en rocas carbonatadas

En las rocas carbonatadas los procesos de disolución operan de forma muy importante. Debido a este hecho se producen formas en el subsuelo diversas y complejas. Las rocas carbonatadas tienen una baja solubilidad intrínseca en agua pura. En consecuencia, el fenómeno kárstico precisa de una serie de factores, reacciones químicas y fenómenos físicos en las interfases atmósfera  $\leftrightarrow$  suelo  $\leftrightarrow$  agua  $\leftrightarrow$  roca para provocar la disolución.



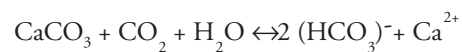
**Figura 2.5**

**Interfases donde se producen los fenómenos químicos y físicos que dan lugar al fenómeno de karstificación.**

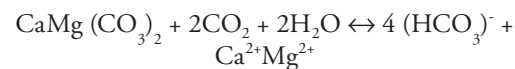
Entre las reacciones que controlan la disolución de materiales carbonatados la más destacable es la disolución por ácido carbónico, muy frecuente en regiones templado-cálidas. El ácido carbónico puede resultar de la oxidación de materia orgánica. La mezcla de fluidos de distintas temperaturas y con distinta concentración de iones disueltos, con especial significancia entre aguas marinas y dulces, es otro proceso muy común en zonas carbonatadas adyacentes al mar, como pueden ser islas o márgenes de plataforma. La disolución que deriva de cambios de temperatura en el fluido, es poco frecuente salvo en zonas con importante actividad tectónica o volcánica. Por último, aunque menos destacable que las anteriores, la disolución es posible por el contacto con gases que son agresivos para las rocas calizas.

#### • El ácido carbónico y la disolución

El desarrollo del proceso de disolución en un sistema donde operan el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CaCO}_3$  se puede simplificar en la reacción:



y con la dolomita



Así aparecen numerosas reacciones reversibles hasta llegar a un cierto equilibrio que puede ser alterado según:

- El flujo del agua.
- Superficie de roca expuesta.
- Temperatura.
- Presión parcial de  $\text{CO}_2$ .

El ácido carbónico está formado por la disolución de dióxido de carbono gaseoso en agua. Es obvio, por tanto, que la cantidad de  $\text{CO}_2$ , es decir, la  $P_{\text{CO}_2}$  presente en el ambiente, va a condicionar significativamente el proceso. La  $P_{\text{CO}_2}$  y la temperatura determinan la solubilidad de  $\text{CO}_2$  y, por tanto, la concentración de ácido carbónico, y, éste, a su vez, de-

termina la disolución del  $\text{CaCO}_3$ . Por ejemplo, las bajas cantidades de  $\text{CO}_2$  presentes en la atmósfera son insuficientes para disolver 70 mg/l de calcita a  $10^\circ\text{C}$  (Smart & Whitaker, 1991). Si incrementamos la  $\text{Pco}_2$  y disminuimos la temperatura, el porcentaje de disolución aumentará de forma significativa. En la ley de Henry se pueden expresar de la siguiente forma:

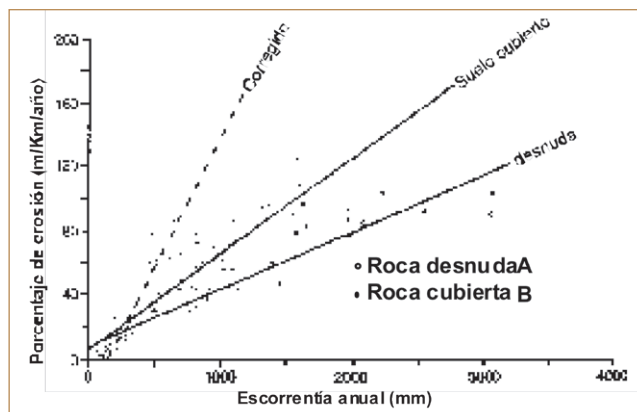
$$\text{CO}_2 \text{ en agua (mg/l)} = 1,964 \cdot \text{Pco}_2 \text{ (atm.)} \cdot A$$

donde  $A$ , es un coeficiente que depende de la temperatura.

Como se ha apuntado anteriormente, la producción de dióxido de carbono varía con la actividad de las plantas y el porcentaje de descomposición bacteriana de materia orgánica. Ambos aspectos están controlados principalmente por la temperatura y la humedad. Debido a este aspecto, muchos ambientes edáficos e hipogeos tienen altos porcentajes de  $\text{Pco}_2$  comparado con el valor atmosférico. Los suelos son un claro ejemplo debido a la propia producción de  $\text{CO}_2$  por respiración de las raíces y descomposición microbiana de materia orgánica (incrementando la  $\text{Pco}_2$ ). Diversos autores han descrito concentraciones de la  $\text{Pco}_2$  mayores a 0,01 atmósferas, pero los valores más comunes se mueven alrededor de 0,001 a 0,025 atmósferas (Smith & Atkinson, 1976). Esta interrelación entre elementos, como la temperatura y humedad en relación con la actividad vegetal y la descomposición microbiana, da lugar a que en determinadas regiones climáticas se observe una fuerte estacionalidad en las concentraciones de dióxido de carbono en algunos sistemas kársticos.

Las variaciones regionales de temperatura también afectan al  $\text{CO}_2$ . En este sentido Harmon *et al.* (1975), mostró en el norte de Estados Unidos que las variaciones de  $\text{Pco}_2$  en aguas subterráneas estaban relacionadas con la media anual de temperatura. Comprobó que los períodos fríos se corresponden con disminuciones de la  $\text{Pco}_2$ , al contrario que en los períodos cálidos donde ésta aumentaba. Liu *et al.* (1997) atribuye dicha estacionalidad al aumento de la actividad biológica en verano y, por tanto, de la producción de  $\text{CO}_2$ . Las concentraciones de  $\text{CO}_2$  también dependen del balance entre la producción y el movimiento del  $\text{CO}_2$  por difusión ascendente en la superficie del suelo (Smart & Whitaker, 1991).

La variación de la disolución del carbonato en zonas superficiales y subsuperficiales no es únicamente dependiente del potencial químico para el proceso, sino también de la precipitación efectiva (precipitación menos evapotranspiración). Las medidas tomadas por Smith & Atkinson, 1976, sobre porcentajes de denudación en calizas en dos zonas muy representativas (Alpes Julianos, Antigua Yugoslavia, y Gunung Mulu, Sarawak) muestra una dependencia lineal de este factor. El resultado de su análisis permite afirmar que las rocas carbonatadas desnudas presentan menor denudación en climas alpinos y árticos que los terrenos de suelos cubiertos en zonas tropicales y templadas (A y B en figura 2.6). Además, la precipitación está generalmente asociada con áreas montañosas y de considerable relieve o con la estacionalidad de la precipitación en los trópicos.



**Figura 2.6**  
**Porcentajes de denudación para suelos cubiertos y desnudos en terrenos carbonatados.** A= Alpes Julianos, Antigua Yugoslavia, B=Gunung Mulu, Sarawak (modificada de Smith & Atkinson, 1976)



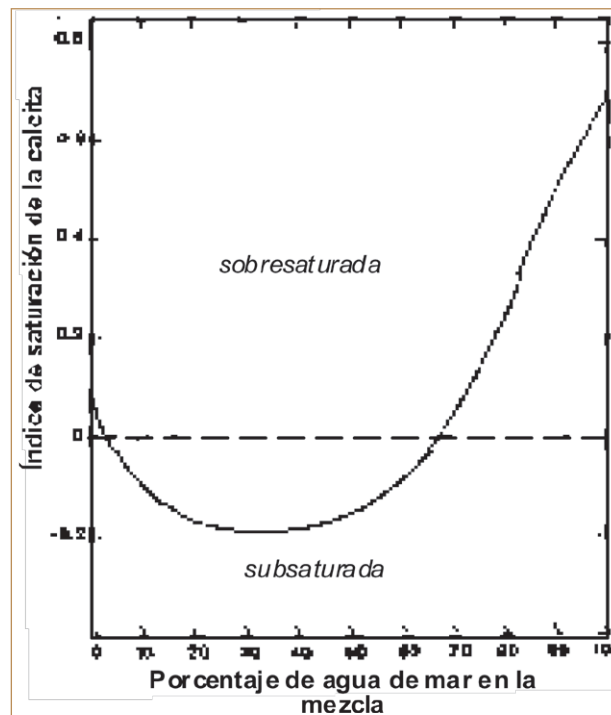
### • La disolución por mezcla de fluidos

El concepto de disolución por mezcla fue aplicado por primera vez por Bögli (1964), desarrollando un modelo conceptual para la disolución basada en la presión parcial del  $\text{CO}_2$  en la mezcla de aguas de diferentes composiciones químicas. La simple mezcla de fluidos en equilibrio a diferentes temperaturas provoca una reacción química que deriva en la disolución de la roca y, por tanto, en el desarrollo de cavidades muy particulares

La capacidad de disolución que tiene la mezcla de fluidos diferentes fue demostrada teóricamente por Runnels, 1969; Plummer, 1975, y Wigley & Plummer, 1976, mediante modelos teóricos para la evaluación de este fenómeno. La relación es no lineal entre el equilibrio de concentración del calcio y la

$\text{Pco}_2$ . Las disoluciones A y B con diferentes porcentajes de  $\text{Pco}_2$  (ambas en equilibrio con respecto a la calcita), se mezclaron linealmente para producir una solución C, la cual está subsaturada y es capaz de disolver carbonato cálcico adicional para alcanzar el equilibrio en D. Esta evolución del proceso se puede producir en algún acuífero carbonatado, donde la mezcla de aguas mantiene el equilibrio con diferentes  $\text{Pco}_2$  (Smart & Whitaker, 1991).

No sólo los diferentes porcentajes de la  $\text{Pco}_2$  en la mezcla de aguas pueden provocar importantes procesos de disolución. Las diferencias de salinidad, temperatura y composición iónica de la solución, juegan un papel muy importante en este proceso. Plummer (1975) calculó el efecto neto de esos parámetros mediante la saturación de la calcita con la mezcla de aguas subterráneas dulces con aguas salinas.



**Figura 2.7**

Cambio en el índice de saturación de la calcita en función de la mezcla de agua del mar con agua subterránea en Yucatán, México (modificada de Plummer, 1975).

Las aguas subterráneas dulces están sobresaturadas con respecto a la calcita y la subsaturación se produce por aportaciones de entre un 5 y un 70% de aguas marinas salinas, debido a la mayor saturación de ésta en relación con el agua dulce. Los resultados demostraron una subsaturación de las aguas en la zona de transición con respecto a la calcita, con la consiguiente disolución de la roca carbonatada en este nivel. Sandford & Knoikow, 1989, demostraron que los porcentajes de disolución son muy elevados en la parte superior de la zona de mezcla y se incrementan cuantitativamente hacia los márgenes de la costa, donde la descarga de agua subterránea es mayor. Efectos de la corrosión por la mezcla de fluidos. La curva sin traza muestra la solubilidad del carbonato cálcico a 10°C, con respecto al total del CO<sub>2</sub> en la solución. La mezcla de las soluciones **A** y **B** da como resultado la solución subsaturada en **C** y la evolución de la disolución de la calcita en el equilibrio de **D**.

- **Hidrogeología de medios carbonatados: relación con las cavidades**

En las zonas subsuperficiales, el agua se puede encontrar en distintas condiciones, desde aquéllas que circulan libremente, hasta las que están completamente aisladas. La hidrología de los terrenos carbonatados puede modificar el tipo y distribución de porosidad y la disolución. Además, dependiendo de como sea el medio donde se localice el sistema hidrológico y, por tanto, los factores que lo dominan, el comportamiento y la evolución de los procesos derivados del mismo serán distintos (Smart & Whitaker, 1991). Por ejemplo, un sistema situado en un medio continental está controlado, principalmente, por el factor estructural y, en consecuencia, por la topografía que determinará el gradiente hidráulico. Evidentemente, la presión a la que está sometida el agua debido a la carga sedimentaria será el otro factor determinante para la

operatividad del sistema. Si nos referimos a zonas oceánicas, además de los factores anteriores interactúa la propia presión que ejerce el agua del mar, sobre los sedimentos y por tanto sobre el sistema hidrológico. Además, las diferencias de densidad de las aguas subterráneas y las aguas adyacentes del mar (dependiendo de la salinidad y de la temperatura) controlan la circulación del agua. La zona de transición entre las aguas salinas marinas y las aguas dulces está relativamente definida, y su papel en el control de la porosidad es fundamental.

Se debe apuntar que pueden existir distintas zonas hidrológicas en un mismo sistema con límites difusos entre ellas y con dinámicas de funcionamiento en ocasiones muy distintas. Por ello, es necesario establecer una clasificación que diferencie estas zonas y, por tanto, que esquematice las distintas propiedades de cada una de ellas y observar cómo y en qué forma la cavidad forma parte de una parte y/o del conjunto.

#### **Zona vadosa**

De forma generalizada conocemos la zona vadosa como aquella franja que no está saturada de agua (o cualquier otro fluido), es decir, comúnmente donde se observa la cavidad. Si consideramos esta zona como una fracción homogénea del subsuelo, los límites de la misma son homogéneos, diferenciando claramente en la zona inferior un límite de contacto entre una franja saturada y otra que no lo está, y en la zona superior la división con la zona superficial. Sin embargo, existen diferencias significativas con respecto a la circulación del agua dentro de la propia zona vadosa. Estas diferencias están condicionadas por la profundidad que ejerce un estrecho control sobre la dinámica del fluido como son las cavidades. Además, con la profundidad se establecen diferencias físicas de materiales, así como sobre las fuerzas que dominan dichos ambientes, con el consiguiente efecto que ello tiene sobre el sistema hidrológico y obviamente sobre la porosidad.

**La superficie freática**

La zona saturada de un acuífero está separada de la franja capilar por la superficie freática. Dicha superficie es la que determina el nivel piezométrico del acuífero. Sin embargo, en ocasiones la propia fisiografía de la cavidad da lugar a extensos lagos subterráneos que no son la zona freática sino aguas estancadas que se alimentan de la infiltración de aguas desde la superficie. Además, en la superficie freática es donde se dan con mayor intensidad los procesos de disolución de la roca y, puntualmente, procesos de precipitación, dando lugar a formas como la calcita flotante, el aragonito flotante y otras. Es destacable, también, que la oscilación de esta zona hidrogeológica es una importante marca para el estudio paleoclimático y paleohidrogeológico de la cavidad, dejando la impronta de paleoniveles freáticos.

**La zona saturada**

Los términos que de forma generalizada definen esta franja pueden ser, en ocasiones, ambiguos e inducir a la confusión. Un término que concreta y explicita perfectamente dicha zona es *zona de agua freática* puesto que incluye la denominada agua subterránea y la zona saturada (normalmente referida al material que está repleto de agua).

**2.3. ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V**

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies incluidas en los anexos II, IV y V de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) aportado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM).

**2.4. ESPECIES CARACTERÍSTICAS Y DIAGNÓSTICAS**

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies características y diagnósticas, aportado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) y el Centro Iberoamericano de la Biodiversidad (CIBIO, Instituto Universitario de Investigación, Universidad de Alicante).





### 3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

El seguimiento del estado de conservación de las cuevas no explotadas por el turismo viene determinado por el mantenimiento, fundamentalmente, del microclima de la cavidad. La alteración de parámetros como la temperatura, humedad, ventilación, CO<sub>2</sub>, radón, fisicoquímica de las aguas (si las hubiera), entre otros, puede afectar al desarrollo de la cavidad en sus formas y productos. Los factores que controlan el ambiente de una cavidad están directamente relacionados con la presencia o ausencia de fauna cavernícola y la aparición de organismos que pueden alterar algunos aspectos de la cavidad, como el mal verde o el *moonmilk*. Otros aspectos son más difíciles de precisar, ya que actúan de manera conjunta sin que todavía se haya resuelto la forma y modo en que condicionan el estado de conservación de la cavidad. También es importante, en algunos sistemas endokársticos, la relación cueva-acuífero, ya que una explotación intensiva, la contaminación o cualquier modificación en el sistema hidrodinámico se verán reflejadas en la cavidad, pues no olvidemos que ésta es la zona vadosa del acuífero.

#### 3.1. DETERMINACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA SUPERFICIE OCUPADA

Para la determinación del recurso es necesario realizar un inventario de afloramientos. Numerosos grupos de espeleología e investigación, españoles y extranjeros, han desarrollado trabajos regionales en España desde principios del siglo pasado. Este inventario tiene la particularidad de que, debido a la naturaleza de las cavidades, su distribución responderá a un patrón muy irregular, asociado a los afloramientos de rocas solubles, con zonas con una alta concentración de las mismas y extensas zonas sin ellas. Debido a que la formación de cavidades está ligada principalmente a la presencia de aguas y CO<sub>2</sub>, es interesante reflejar la ubicación de acuíferos carbonáticos como referencia en el inventario.

La cartografía deberá realizarse a escala detallada (1:10.000 o más detallada). En esta cartografía e inventario deberán diferenciarse:

- sectores activos e inactivos
- localizar otros elementos del sistema, cuyo seguimiento es fundamental para garantizar la pervivencia del tipo de hábitat: masas de aguas subterráneas, vegetación, precipitaciones, cursos fluviales y otros
- valoración del estado de conservación

La formación y evolución de sistemas endokársticos está condicionada por una serie de factores físico-químicos en los que son fundamentales las condiciones ambientales. Esto quiere decir que cambios en la temperatura media anual, en el volumen y forma de precipitaciones, o incluso en la insolación, tienen reflejo en su desarrollo ya que son particularmente sensibles a estos cambios. A la hora de valorar el estado de conservación, es importante discernir el papel de la participación antrópica en los cambios, y así poder descartar motivos “externos” en la evolución del sistema.

Para la estimación del mantenimiento de la cavidad es necesario realizar el control de la superficie activa, observando modificaciones en la red de drenaje, en los usos del suelo en la zona superficial de la cavidad o en el acuífero. Para estimar las variaciones en las cavidades puede ser muy útil la revisión de éstas con equipos para el análisis ambiental, fisicoquímica de las aguas y seguimiento del clima de forma seriada para su comparación estacional o anual. En esta fase, deberá atenderse a que la funcionalidad de las cavidades dependerá, en gran medida, del funcionamiento hidrogeológico, especialmente el referido a la zona vadosa del acuífero (cavidad).

En el caso de depósitos de precipitación química, el seguimiento del estado de conservación viene dado por la ausencia de elementos exógenos (algas, líque-

nes o microorganismos) que alteren la roca, si bien la disolución, colapso del techo o paredes de las cavidades, o la degradación colateral de los espeleotemas debido a la fauna endémica (murciélagos), son procesos que forman parte de la evolución natural de un sistema endokárstico.

### 3.2. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

La formación de cavidades depende, fundamentalmente, de las propiedades fisicoquímicas del agua y el ambiente en el que éstas se desarrollan (formas y productos). Por ello, el seguimiento y control de los parámetros microambientales, de la composición y calidad de las aguas de infiltración y el mantenimiento del caudal natural es esencial.

La participación de la vegetación en la disolución o precipitación química requiere también su conservación, ya que la disminución o desaparición rápida de la cobertera vegetal determinará el desarrollo natural de los procesos.

De esta manera, algunos de los factores que más influyen en la alteración y modificación de estos ambientes son:

- Contaminación de las aguas de infiltración (nitratos, pesticidas y otros): provoca la alteración del equilibrio químico, control fundamental de la disolución o precipitación. Además, el aporte de determinadas sustancias puede provocar la desaparición de la fauna cavernícola.
- Cambios en la temperatura del interior de la cavidad. Este factor alterará tanto los fenómenos de disolución como de precipitación, así como la pervivencia de la fauna endémica.

- Cambio en la concentración de CO<sub>2</sub> que puede alterar la química de las aguas y los procesos derivados de ellas.
- Modificaciones de la ventilación de la cavidad: la apertura antrópica de bocas en la cueva puede alterar los parámetros ambientales y, consecuentemente, a la fauna que subsista en la cavidad.
- Modificaciones en el caudal y aporte de agua, provocado por la desaparición de la cobertera vegetal, la construcción urbana o actuaciones que se desarrollen en la zona de infiltración y modifiquen el volumen de agua que se infiltra a la cavidad.

#### 3.2.1. Factores, variables y/o índices

Algunos indicadores que pueden ser tenidos en cuenta para detectar modificaciones en el sistema son:

- Existencia de superficie recubierta o grado de cobertera vegetal de la superficie de la cavidad. Cambios en el volumen y regularidad de los caudales de infiltración, consecuencia de acciones antrópicas en la superficie de la cavidad.
- Modificaciones del nivel piezométrico del acuífero debido a la explotación intensiva de éste.
- Presencia de mal verde o *moonmilk*.
- Evidencia de procesos de alteración por cambios ambientales o degradación por acción directa en la cavidad debido a la entrada furtiva de personas: rotura de formaciones de precipitación química, contaminación de las aguas de *gours*, habilitación incontrolada de caminos en la cavidad, pintadas en el techo o las paredes y otras.
- Cambios en la ventilación de la cavidad debido a modificaciones para el acceso: apertura de nuevas bocas, senderos y otros.
- Presencia de desechos, vertidos y basuras.

### 3.3. EVALUACIÓN DE LAS PERSPECTIVAS DE FUTURO

En la actualidad, muchas cavidades están siendo alteradas debido a prácticas antrópicas que no se regulan bajo ninguna figura legal, aunque, por defecto, el subsuelo es público, según la legislación española. Entre las actividades antrópicas que más pueden modificar este tipo de hábitat están:

- La agricultura, por el aporte de sustancias contaminantes, como nitratos o pesticidas (y otros compuestos químicos), a las aguas de infiltración.
- La ganadería, especialmente cuando se concentra en pequeños espacios adyacentes a sistemas endokársticos.
- La construcción de zonas urbanas o áreas de ocio, que alteran tanto la zona de recarga del acuífero (infiltración en la cavidad) como la zona de descarga. Además, conlleva normalmente procesos de contaminación ligados a actividades puntuales, como fosas sépticas, campos de golf de los que se derivan abonos nitrogenados y pesticidas, etc. Además, supo-

nen, en algunos casos, focos de explotación intensa de acuíferos para el riego del césped.

- La pérdida de cobertera vegetal, con la consiguiente repercusión sobre la  $P_{CO_2}$  y la escorrentía superficial.
- La explotación intensiva de los acuíferos, que afecta directamente tanto al volumen de la zona no saturada como a la relación cueva-acuífero.
- El cambio antrópico del caudal de manantiales endokársticos o de ríos perdedores que aportan agua a los acuíferos: interrumpe la dinámica natural de la cavidad, evita procesos de desgasificación de las aguas subterráneas y, por tanto, las reacciones químicas que de él se derivan

### 3.4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies típicas, aportado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM).







## 4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

Las cavidades son medios tan singulares que su conservación pasa, no sólo por el planteamiento desde un punto de vista científico-técnico, sino también por hacer uso tanto de las figuras legales de protección que contempla la ley estatal como de otras figuras de carácter local. Las cavidades naturales no explotadas por el turismo, como parte de los sistemas endokársticos, han estado siempre relacionadas con el ser humano, siendo objeto de nuestro interés, desde la prehistoria, como refugios o cementerios, hasta la actualidad, como actividad turística o científica (Cañaveras & Sánchez, 2002).

Las cavidades han sido y son ricas fuentes de abastecimiento para el ser humano, en cuanto a los recursos naturales se refiere. Tal vez, el papel estratégico que hoy en día están jugando los recursos hídricos en acuíferos kársticos, es el aspecto más relevante, pero la extracción de minerales y otros recursos de tipo industrial o mineralomedicinal es, cuanto menos, notable (López-Martínez & Durán, 1989). Actualmente, las cavidades han pasado, desempeñar un papel geoeconómico muy importante, ya que la actividad “turística” indirecta que de ellas se desprende es una importante fuente de riqueza para muchas localidades.

Al contrario que con los terrenos kársticos superficiales asociados a paisajes naturales, las cavidades no han sido elementos especialmente susceptibles de ser protegidos, a pesar de la vulnerabilidad de sus ecosistemas y sus formaciones o la relevancia que éstas tienen sobre un recurso tan básico como el agua. En este sentido, además de la importancia de proteger los sistemas endokársticos en particular, como parte de la geodiversidad global, existen importantes valores económicos, científicos y culturales que se desprenden de estos sistemas ambientales. Normalmente, la ausencia de una figura legal impide la aplicación de una normativa que casi siempre favorece el uso sostenible de la cavidad, así como un aprovechamiento conjunto de sus posibilidades. Según el inventario sobre Patri-

monio Geológico y referido a sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas, realizado en el proyecto Global Geosites de la IUGS, deberían incorporarse los paisajes kársticos de Picos de Europa, Pirineos, zonas internas béticas, Cordillera Ibérica, Costa Cantábrica, Cordillera Bética (incluyendo las Islas Baleares) y Cuencas Terciarias (García-Cortés *et al*, 2000). Sin embargo, los sistemas kársticos en muchos de estos lugares ya están bajo figuras de protección, bien sea bajo la legislación española, europea, mundial o mixta. Un claro ejemplo es que en España, sobre un total de 15 Reservas de la Biosfera en 766 mil ha, 12 están asociadas, en mayor o menor medida, a sistemas kársticos, como Sierra de las Nieves, Cazorla, o Menorca y, con ellas las cavidades asociadas. En el caso de los Parques Nacionales, la estadística es muy parecida. De un total de 13 Parques Nacionales, 7 presentan paisajes kársticos significativos, como por ejemplo Cabrera o Picos de Europa (ambos con importantes sistemas de cavidades). Además, los cuatro restantes están situados en las Islas Canarias, en un paisaje eminentemente volcánico, cuya relación con este tipo de hábitat es muy estrecha debido a las formas subterráneas derivadas de los tubos en lava. Pero si nos referimos a Parques, Reservas, Parajes o Monumentos Naturales u otras figuras de protección de carácter autonómico o local, la tendencia es todavía más acentuada. El estado español cuenta en la actualidad con más de 520 Espacios Naturales Protegidos, sobre un total aproximado de 350.000 ha (Ministerio de Fomento, 1998). Andalucía es la región que, con diferencia, presenta mayor territorio protegido, con 1.484.000 ha (el 17% del territorio andaluz) (Bosque, 1996). De entre sus 84 espacios protegidos, más 50 son áreas donde el karst hace acto de presencia (casi 1 millón de ha y más de un 60% de los espacios protegidos) y con ellos todas las cavidades que allí se ubican. Aragón, Asturias, Cantabria y Galicia cuentan con 8, 16, 5 y 8 espacios protegidos, respectivamente, de los cuales en 16 los sistemas endokársticos son fundamentales. Pero, además, en Asturias, 5 son

cavidades kársticas que están protegidas bajo la figura de Reserva Natural Parcial, un caso excepcional en España. Cataluña, Región de Murcia y Comunidad Valenciana cuentan con 32, 14 y 12, respectivamente, y en 24 de ellos el karst es destacado. En Madrid, Castilla la Mancha, y Extremadura son 14 los espacios protegidos, de los cuales 6 son zonas con presencia kárstica y las cavidades tienen poca presencia. Castilla y León, La Rioja y País Vasco cuentan con 22 áreas protegidas, de las cuales 12 están más o menos relacionadas con el karst. Navarra, con 67, es otra región importante, ya que 36 son zonas donde el karst es un elemento paisajístico y geoecológico fundamental. Baleares cuenta con 90 espacios protegidos y, dado el carácter calizo del archipiélago, podemos afirmar que el endokarst, de una u otra forma, juega un papel muy importante en todos ellos. Destacan entre todas ellas La Serra de Tramuntana y Cabrera. Por último, la Comunidad Canaria es la región española con más áreas protegidas, 144. En resumen, de las 520 áreas protegidas en el estado español, en 234 el karst, de una u otra forma, condiciona el espacio natural. En términos de territorio protegido, eso significa casi 2/3 del mismo, un dato más que significativo de la importancia del karst en el patrimonio natural español.

Sin embargo, en lo referente exclusivamente a cavidades, hay que destacar que son pocos los ejemplos, tanto españoles como mundiales, que han sido objeto de protección específica. En España destaca Ojo de Guareña, en Burgos, la protección de todas las cavidades de la Comunidad Valenciana mediante su Ley 11/1994, de 27 de diciembre, en el artículo 16 (Peiró, 1999), y Andalucía, Navarra y País Vasco, que incluyen áreas de interés espeleológico dentro de los espacios naturales catalogados. En este sentido, hay que destacar el caso del karst en Yesos de Sorbas (Almería), catalogado como Espacio Natural Protegido.

De cualquier forma, los caracteres naturales, y en este caso geoecológicos, están a menudo muy ligados al valor intrínseco de la cavidad, obviando la necesidad de proteger y gestionar el área kárstica total como una unidad de paisaje (Hardwick & Gunn, 1996), forma ésta en la que se plantea su protección.

Es, por tanto, muy importante instar a las autoridades competentes y administraciones públicas a proteger para conservar, y, en el caso que nos ocupa, parece preferible proteger integralmente el conjunto exo-endokarst que limitarse a la protección exclusiva de la cavidad. En muchas áreas de España las cavidades se presentan como ambientes muy singulares y sensibles. La tendencia biofaunística ha orientado significativamente la protección de ecosistemas y tipos de hábitat, con la consiguiente repercusión sobre la protección de las cavidades, que todavía hoy yacen en el olvido. Sin embargo, las cuevas son ambientes que no sólo forman parte de la *Gea*, como elemento geológico importante, sino que el fenómeno que da lugar a su formación condiciona un ecosistema asociado que depende directamente del mismo, además de dotarlo de una singularidad manifiesta. Por ello, la importancia de gestionar las cavidades como parte del patrimonio geológico y un tipo de hábitat especial es vital, y no como un sistema inherente al espacio.

A pesar del gran número de áreas naturales protegidas con presencia de fenómenos y formas endokársticas en el territorio nacional, pocas han sido objeto de protección por la relevancia de las cavidades. Esto es debido a que la legislación es muy escasa y difusa y apenas se aplica. Sin embargo, todos apuntan a destacar su singularidad y valores geológicos, paleontológicos, arqueológicos, antropológicos, paisajísticos y geoecológicos. Este dato habla de la relevancia que tienen las cavidades en el territorio español.

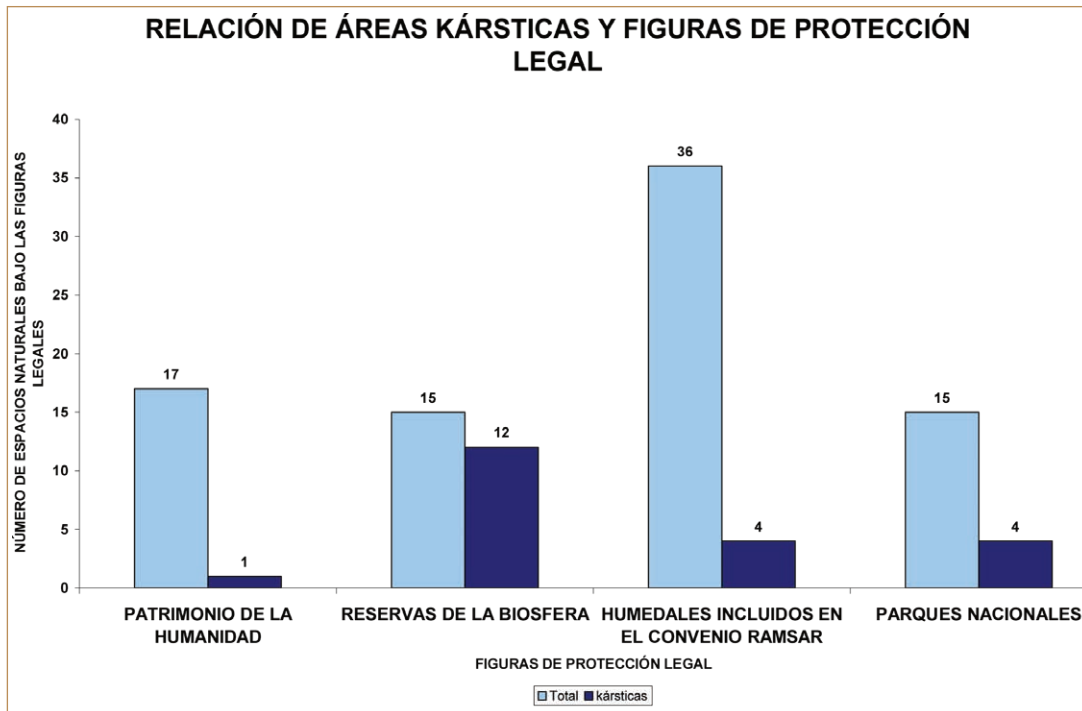


Figura 4.1

Relación de áreas kársticas en España y figuras de protección legal.

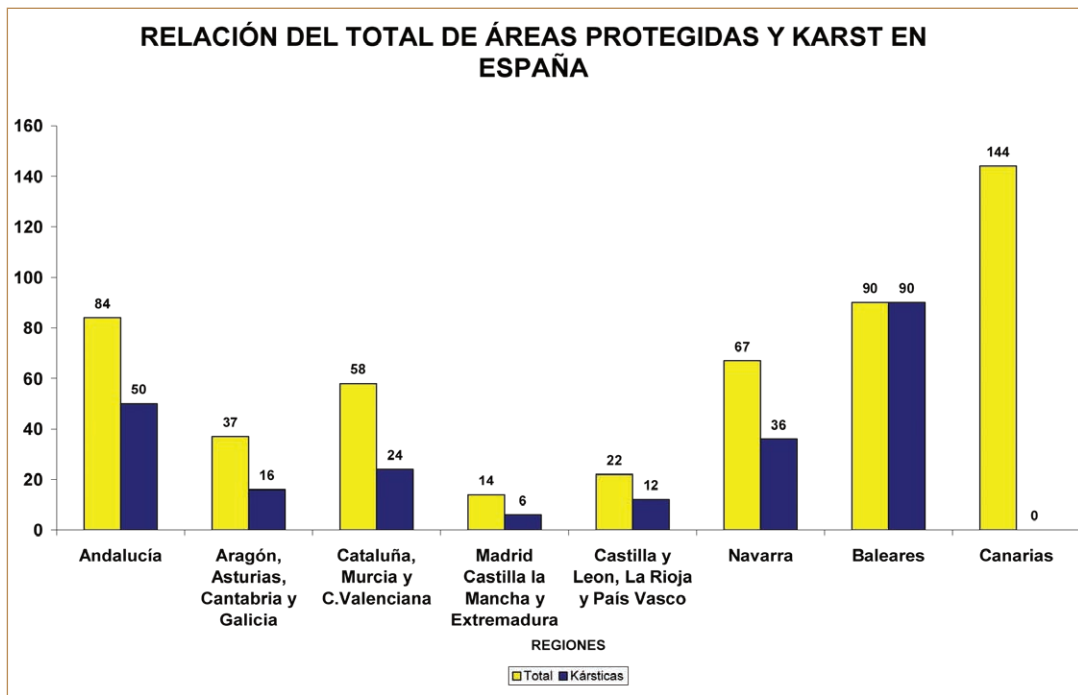
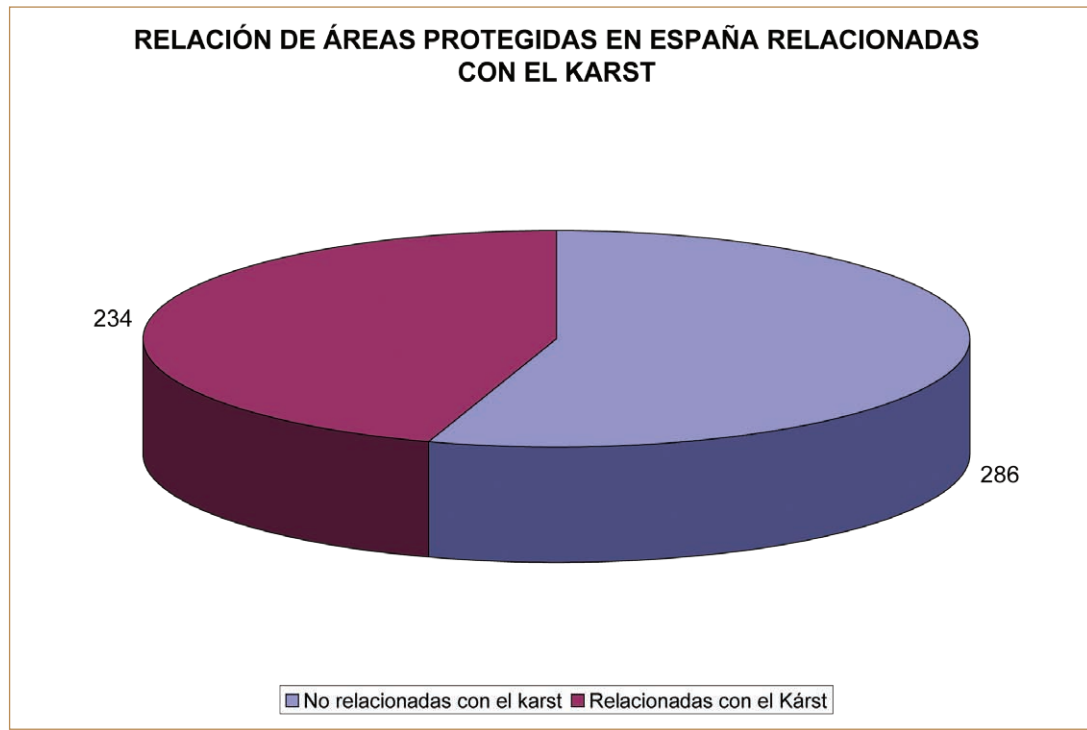


Figura 4.2

Relación de áreas protegidas y karst en España.



**Figura 4.3**

Relación total de áreas protegidas en España y zonas kársticas en España.



## 5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

### 5.1. BIENES Y SERVICIOS

Las cavidades son excelentes indicadores de la calidad ambiental del medio en el que se desarrollan. Su vinculación directa con el agua, subterránea y superficial, y su desarrollo en función de la cantidad y calidad de ésta hace de estos ambientes un medio muy vulnerable. Es precisamente su relación con el agua y su carácter subsuperficial lo que hace que las cavidades presenten un elevado valor geológico, escénico y, sobre todo, una evidente vinculación cultural con la historia de ser humano.

### 5.2. LÍNEAS PRIORITARIAS DE INVESTIGACIÓN

Tras la lectura y revisión del informe, se desprende que, aunque las cavidades han sido históricamente un medio muy atractivo para su estudio e investigación, todavía queda una larga tarea por realizar. No se ha realizado ningún trasvase de datos entre organismos y/o asociaciones que puedan dar lugar a un inventario que identifique, clasifique y sistematice la información referida a las mismas. Es fundamental generar un banco de datos georreferenciado que identifique su volumen, desarrollo longitudinal, variedad de formas de precipitación química de disolución, fauna vertebrada e invertebrada típica de cada geozona y otros aspectos de interés que puedan ser traducidos en términos de conocimiento para cualquier interesado en este tipo de hábitat.

Es también importante incluir las topografías ya iniciadas en muchas cavidades de gran extensión, como actualmente sucede en la Cueva de Vallgornera, Mallorca. Por ello, debería plantearse un protocolo de prioridad en cuanto a las cavidades cuyo interés geocológico es mayor e iniciar su finalización.

Otro aspecto es la investigación cueva-acuífero, determinante para la comprensión integral del funcionamiento hidrodinámico de las cavidades, tipo

de calidad del agua y relación entre la química del agua y las formas y productos de las cavidades. En este sentido, los depósitos detríticos, consecuencia de la circulación de agua por los conductos cavernosos, pueden aportar información sustancial en cuanto a eventos hidráulicos, ciclos y otros.

Entre los activos de una cavidad destaca la riqueza y variedad de espeleotemas que en ella pueden estar representados. Por otra parte, la variedad mineralógica de los depósitos no se limita a calcita y aragonito, sino que en los depósitos de *moonmilk*, se han observado secuencias mineralógicas carbonáticas que van desde calcita, huntita, magnesita, hidromagnesita e incluso dolomita, aspecto éste todavía por resolver.

Los aspectos que se van a desarrollar en el estudio de una cueva piloto, la Cueva des Pas de Vallgornera por ejemplo, se plantean en tres líneas principales:

- 1. Análisis paleoclimático y geocronológico:** connotaciones al Cambio Global.
- 2. Estudio endokárstico y exokárstico de la cavidad:** elementos patrimoniales de la gea.
- 3. Procesos ligados a riesgos geológicos:** desprendimientos y hundimientos.

Ello deriva en la aplicación del estudio del Cambio Global, que a continuación se explicita en las líneas de investigación que son prioritarias en el estudio de una cavidad no explotada por el turismo:

#### **Estudio geológico e hidrogeológico de la cueva des Pas de Vallgornera**

Es importante realizar un estudio, descripción y cartografía geológica de la zona en el entorno de la cavidad, definiendo unidades geológicas, arquitectura y distribución de facies, y su modelo sedimentológico, que dé un marco geológico a la investigación. En cuanto a la hidrogeología, se desarrollará un modelo hidrogeológico con el fin de determinar el funcionamiento del acuífero, tipo de acuífero,

zona de recarga, descarga, zona vadosa y saturada, y relación entre la interfase aguas dulces y saladas, en el caso de cuevas litorales. Ambas actividades tendrán una fuerte carga de trabajo de campo, mediante cartografía sobre el terreno (geológica e hidrogeológica), análisis de los niveles piezométricos, transmisividad y parámetros hidroquímicos y fisicoquímicos de las aguas de la cavidad.

#### **Estudio endokárstico de la cavidad**

Esta línea de investigación pasa por realizar un estudio integral de la cueva. Esto incluye el estudio de la estructura, forma (en planta y en sección), topografía de la cueva y la relación del modelo hidrogeológico con el karst. Desarrollar el modelo genético de la cavidad, si es hipigénica, hipogénica o mixta, ayudará a seleccionar las medidas de protección y los parámetros indicativos. Es importante saber también cuáles son los factores que han favorecido el desarrollo de la cavidad: estructura y fracturación, liniamientos, fallas, pliegues y otros. Si existen niveles donde el karst ya no está activo, su desnivel y el desarrollo longitudinal, y en ese caso, qué depósitos y mineralizaciones asociadas a los distintos niveles son susceptibles de ser analizados. También se procederá al reconocimiento de formas de disolución y precipitación, para su posterior clasificación y relación de su distribución con la roca encajante. Si existen niveles donde el karst ya no está activo y, en ese caso, qué depósitos, paleoaguas y mineralizaciones (paleokarst) asociadas son susceptibles de ser analizados. Se realizará una clasificación y distinción de los diferentes tipos de espeleotemas y familias (freáticos, epifreáticos y vadosos; aragoníticos y calcíticos. Coladas, estalagmitas, excéntricas y otros).

#### **Estudio Paleoclimático y Geocronológico**

Se realizarán análisis de los isótopos estables del  $^{18}\text{O}$  y  $^{13}\text{C}$  en depósitos de precipitación química de la cavidad (estalagmitas y coladas) con el fin de obtener un registro continuo. Se trata de sedimentos depositados en un ambiente muy conservativo, y, por tanto, excelentes indicadores paleoclimáticos y paleoambientales. También se realizarán dataciones absolutas con U y Th ( $\delta^{234}\text{U}/\delta^{230}\text{Th}$ ). Con ello, se pretende interpretar los diferentes períodos paleoclimáticos, a partir de datos de paleotemperaturas, paleoprecipitaciones y paleoambiente y, por

tanto, asignarlos a los diferentes estados isotópicos (períodos glaciares e interglaciares). En el caso de coladas estalagmíticas, se realizarán sondeos transversales para obtener un registro mayor y más preciso. Las investigaciones paleoclimáticas se enlazarán paralelamente con estudios e interpretaciones sobre Cambio Climático vs. Cambio Global, basados fundamentalmente en la temperatura, precipitación y  $\text{CO}_2$ , y qué efecto tienen o pueden tener sobre la recarga del acuífero (zona saturada y no saturada; cavidad). Las posibles incidencias en la zona no saturada serán claves, sobre todo aquéllas que se vean reflejadas en el agua de goteo de la cavidad (química del agua, distribución anual de los volúmenes de goteo y otros), así como los sedimentos de precipitación química. De forma paralela, se investigarán e interpretarán las fluctuaciones del nivel del mar en cavidades litorales a partir de la identificación y el estudio de los paleoniveles freáticos y su posterior análisis isotópico y datación ( $\delta^{18}\text{O}/\delta^{13}\text{C}$ ), información sustancial para realizar interpretaciones relacionadas con el cambio climático: sobre el mantenimiento del nivel piezométrico del acuífero, del caudal de los manantiales si los hubiera y otros. Consecuentemente, se podrá realizar un estudio de las respuestas y necesidades, en particular, de la cavidad, así como en el territorio que la engloba. Los efectos del cambio climático necesitan de un registro paleoclimático amplio y continuo basado en datos isotópicos del Oxígeno ( $\delta^{18}\text{O}$ ) y el Carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ), con el fin de analizar los ciclos climáticos pasados, especialmente la tendencia de los últimos 10.000 años (períodos cálidos-fríos/secos-húmedos) y su asignación a estadios isotópicos. En esta fase, también se tomarán referencias de paleoniveles marinos a partir de un registro en algunos depósitos que permitan extraer un registro continuo. Con ello, se pretende obtener la evolución eustática del nivel del mar y su relación con los estadios isotópicos. Se puede concluir esta línea elaborando una curva paleoclimática y paleoeustática, asociada al fundamentalmente al Mediterráneo que, junto con los datos anteriores, serán las bases para cuantificar determinar la evolución del clima y poder predecir escenarios futuros.

#### **Estudio microclimático del interior de la cavidad**

Se realizará un seguimiento de los parámetros básicos para la conservación de la cavidad: temperatu-

ra, humedad relativa, ventilación (medidores de la dirección y velocidad del viento), concentraciones de CO<sub>2</sub> y radón, entre otros. Para ello, se evaluará, los lugares de accesos, las diferentes salas y cómo interaccionan entre ellas y el exterior de la cueva. También se analizarán los parámetros fisicoquímicos de las aguas de los lagos endokársticos y de los *tours*, de forma que se podrá realizar un seguimiento de su variabilidad estacional y anual, así como anomalías relacionadas con el cambio climático.

- Caracterización geoquímica e isotópica del agua de la precipitación, goteo que origina los espeleotemas y del acuífero, a partir de un análisis químico completo e isotópico (isótopos del Oxígeno,  $\delta^{18}\text{O}$ , del Hidrógeno  $\delta\text{D}$  y del Carbono  $\delta^{13}\text{C}$ ). El objetivo es averiguar cuál es la procedencia del agua de goteo que se infiltra en la cavidad y precipita el carbonato, así como el tiempo de residencia desde que se infiltra hasta que surge. Qué elementos enriquecen y empobrecen las distintas fases que precipitan y la composición y saturación del agua, y la influencia de la relación Mg/Ca en la precipitación de espeleotemas aragoníticos o calcínicos freáticos.
- Estudios de monitorización de las condiciones microambientales de la cueva (ventilación, temperatura, humedad relativa, radón, CO<sub>2</sub>, y otros). Éstos ya se están realizando por investigadores de las Universidades de Málaga y Almería. Su fin es conocer bien el microclima de la cueva y el efecto que sobre el ambiente

pueden ejercer las visitas. Se realizarán paralelamente, en las zonas habilitadas y no habilitadas al turismo, con el fin de comparar la influencia, diaria, semanal, mensual, estacional y anual, de las visitas en la cavidad. De esta forma, se pretende mantener el equilibrio natural de la cueva y detectar cuáles son y cuándo se producen los cambios más significativos.

#### **Estudio e identificación de procesos de hundimientos y desprendimientos en el interior de la cavidad**

Las cavidades son medios en ocasiones inestables, en las que son frecuentes desprendimientos de techos y paredes de las mismas, así como hundimientos por falta de sustentación de los materiales subyacentes. Por ello, se procederá al estudio e identificación de estructuras y procesos asociados a la cueva (colapsos, subsidencias, desprendimientos y otros). Se procederá a una cartografía de los mismos, tanto en el interior como en el exterior de la cueva, en el caso de los colapsos y estabilidad de los taludes detríticos y peligrosidad de colapsos, aspecto éste muy importante para tratar la conservación de la cueva y su acceso a visitantes.

#### **Identificación de los elementos patrimoniales de la cavidad y su entorno. Patrimonio Geológico**

Se identificarán aquellos elementos de la gea que son susceptibles de ser catalogados como PIGs en el interior de la cavidad y territorio adyacente a la misma y propuesta de un parque temático basado en dichos estudios.







## 6. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- ALONSO, V. & GONZÁLEZ, J. J., 1998. Presencia de hielo glaciar en los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica). El helero del Jou Negro. *Cuaternario y Geomorfología* 12 (1-2): 35-44.
- ALONSO, J. L., GARCÍA-RAMOS, J. C. & GUTIÉRREZ, M., 1999. Control estructural de la cavidad kárstica "La Cueva" (Ribadesella, Asturias). En: Andreo, B., Carrasco, F. & Durán, J. J. (eds.). *Contribución del estudio científico de las cavidades kársticas al conocimiento geológico*. Patronato de la Cueva de Nerja. Instituto de Investigación. pp 65-76.
- ALONSO, J. A., GONZÁLEZ, J. J., FERRERAS, R., NAVARRO, F. & ALGABA, 1996. Estudio topográfico-espeleológico de la Cueva de Ribadesella y su relación con la Cueva de Tito Bustillo. Informe inédito. En: Blas Cortina, M. A. *Cuevas prehistóricas de Asturias. Arte rupestre paleolítico*. Trea. Consejería de Cultura del principado de Asturias. 91 p.
- AYALA, F. J., RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M., EEL VAL, J., DURÁN, J. J. PRIETO, C. & RUBIO, J., 1986. *Memoria del mapa del karst de España*. Instituto Geológico y Minero de España. 68 p.
- BENAVENTE, J., PULIDO, A. & FERNÁNDEZ, R., 1986. Les grands caractères de l'hydrogéologie karstique dans les Cordillères Bétiques. *Karstologia mémoires* 1: 8799.
- CALAFORRA, J. M., 1996. *Contribución al conocimiento de la karstología de yesos*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- CAÑAVÉRAS, J. C., SÁNCHEZ-MORAL, S., BEDOYA, J., SOLER, V., & LARIO, J., 2002. Estudio microbiológico en la Cueva de Altamira (Cantabria, N España). En: Carrasco, F. Durán, J. J. & Andreo, B. *Karst and Environment*. pp 515-521.
- CENDRERO, A. & DÍAZ DE TERÁN, J. R. (coordinadores), 1987. *Guía de Excursiones. VII Reunión sobre el Cuaternario*. Santander. 115 p.
- CORRÍN, J., 1992. Las cavidades principales en los montes alrededor de Matienzo (Ruesga, Cantabria). En: *Actas del V Congreso Español de Espeleología*. Camargo, Santander. pp 345-355.
- DABRIO, C., ZAZO, C. & GOY, J., 1987. Pleistocene sealevel changes in the bay of Cádiz (sw Spain). En: Zazo, C. (ed.). Late Quaternary sealevel changes in Spain. *Trabajos sobre neógenocuaternario* 10: 265282.
- DAVIS, S. N & WEIST, R., 1971. *Hidrogeología*. Barcelona: Editorial Ariel. 325 p.
- DAVIS, R. L. & JOHNSON, C. R., 1989. Karst hydrology of San Salvador. En: J. E. Mylroie (eds.). *Fourth Symposium on Geology of Bahamas*. Bahamas, USA. pp 118-136.
- DELANNOY, J. J. & DÍAZ DEL OLMO, F., 1986. La serranía de Grazalema (Málaga Cádiz). *Karstologia Mémoires* 1: 5570.
- DELANNOY, J. J. & GUENDON, J. L., 1986. La sierra de las Nieves (Málaga). La sima g.e.s.m. etude géomorphologique et spéléologique. *Karstologia Mémoires* 1: 7185.
- DÍAZ DEL OLMO, F. & DELANNOY, J. J., 1989. El karst en las cordilleras béticas: subbético y zonas internas. En: Durán Ro, J. J. & López Martínez, J. (eds.). *El karst en España*. Monografías n.º 4. Madrid: Sociedad Española de Geomorfología. pp 175-185.
- DÍAZ DEL OLMO, F., BAENA, R, RUIZ ZAPATA, B. & ÁLVAREZ, G., 1992. La sequence tardiglaciaireholocene du travertin de Priego de Córdoba. En: *Karst et evolutions climatiques. Hommage a J. Nicod*. Bordeaux: Presses Universitaires. pp 177-190.
- DURÁN J. J., 1994. *Cuevas habilitadas de la provincia de Málaga. Una introducción al turismo subterráneo*. Diputación Provincial de Málaga. 58 p.
- DURÁN J. J., 1996. *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del cuaternario en el Mediterráneo occidental*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 409 p.
- DURÁN J. J. & LÓPEZ MARTÍNEZ, J., 1989. Perspectiva general del karst en España. En: Durán Valsero, J. J. & López Martínez, J. (eds.). *El*

- karst en España*. Monografías n.º 4. Madrid: Sociedad Española de Geomorfología. 1328 p.
- DURÁN J. J. & MOLINA, J. A., 1986. Karst en los yesos del triás de Antequera (Cordilleras Béticas). *Karstologia Mémoires* 1:3746.
- FERNÁNDEZ, F. & VALLS M.C., 1998. *Los colores de la Oscuridad. Cantabria, paraíso subterráneo*. Santander. 206 p.
- GARCÍA ROSSELL, I. & PEZZI, M. C., 1975. *Un karst mediterráneo supraforestal en sierra Mágina (Jaén). Condicionamientos geológicos y geomorfológicos*. Cuadernos de geografía de la universidad de Granada, serie monografías, n.º 1. 1957 p.
- GINÉS, J. & GINÉS, A., 1995. Speleochronological aspects of karst in Mallorca. *Endins* 20: 99112.
- GONZÁLEZ RÍOS, M. J., 1996. Grandes cavidades de Andalucía. Las cuevas con más desarrollo. *Subterránea* 6: 3848.
- LHÉNAFF, R., 1986a. Répartition des massifs karstiques et conditions générales d'évolution. *Karstologia Mémoires* 1: 524.
- LEÓN, J., 1997. *Cantabria subterránea. Catálogo de las grandes cavidades*, 2 Vols. Santander. 777 p.
- LÓPEZ, F. & LÓPEZ, B., 1989. Geomorfología del karst Prebético. Cordilleras Béticas. En: Durán Valsero, J. J. & López Martínez, J. (eds.). *El karst en España*. Monografías n.º 4. Madrid: Sociedad Española de Geomorfología. pp 187-200.
- PALMER, R. J. & WILLIAMS, D., 1984. Cave development under Andros Island, Bahamas. *Cave Science* 11 (1): 50-52.
- PALMER, A. N., 1984 a. Geomorphic interpretation of karst features. En: LaFleur, R. G. (ed.). *Groundwater as geomorphic agent*. Boston: Allen and Unwin. pp 173-209.
- PALMER, A. N., 1984 b. Recent trends in karst Geomorphology. *Journal of Geological Education* 32: 247-253.
- PALMER, R. J., 1986. Hydrology and speleogenesis beneath Andros Island. *Cave Science* 13 (1): 7-12.
- PALMER, A. N., 1987. Cave levels and their interpretation. *National Speleological Society Bulletin* 49: 50-66.
- PALMER, A. N., 1991. Origin and morphology of Limestones caves. *National Speleological Society Bulletin* 103: 1-21.
- PALMER, A. N., 1995. Geochemical models for the origin of macroscopic solution porosity in carbonate rocks. En: D.A. Budd, A.H. Saller and P. M. Harris, (eds). Unconformities and porosity in carbonate strata. *American Association Petroleum Geologist Memoir* 63: 77-102.
- PALMER, A. N. & PALMER, M. V., 1995. The Kaskaskia paleokarst of the Northern Rocky Mountains and Black Hills, northwestern USA. *Carbonates and Evaporites* 10: 148-160.
- PUCH, C., 1998. *Grandes cuevas y simas de España*. Madrid: Federación española de Espeleología. 794 p.
- PULIDOBOSCH, A., 1986. Le karst dans les gypses de sorbas (Almería). Aspects morphologiques et hydrogéologiques. *Karstologia Mémoires* 1: 2736.
- RAMÍREZ, F., 1992. Espacios naturales protegidos y karst en Andalucía. Estado de la cuestión. En: *Actas del VI congreso nacional de espeleología*. pp 257-270.
- RODRÍGUEZ, I. J & DÍAZ DEL OLMO, F., 1989. Sierra Morena. En: *Mapa del cuaternario de España*. Madrid: ITGE. pp 201-208.
- VAL, J. DEL & HERNÁNDEZ, M., 1989. El karst en el macizo hespérico. En: Durán Valsero, J. J. & López Martínez, J. (eds.). *El karst en España*. Monografías, n.º 4. Madrid: Sociedad española de geomorfología. pp 217-229.
- WHITE, E. L. & WHITE, W. B., 1969. Processes of cavern breakdown. *National Speleothem Society Bulletin* 30: 115-129.
- WHITE, W. B., 1988. *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. New York. University Press. 464 p.
- WHITAKER, F. F. & SMART, P. L., 1998. Hydrology, geochemistry and diagenesis of fracture blue holes, South Andros, Bahamas. *Cave and Caves Research* 25: 75-82.
- WIGLEY, T. M. & PLUMMER, L. N. 1976. Mixing of carbonate waters. *Geochemical and Geochemistry Acta* 40: 989-995.
- V.V.A.A., 1985. *Cuevas de España*. León: Editorial Everest. 308 p.
- V.V.A.A., 1997. *El Mundo subterráneo en Euskal Herria*. Geografía del Karst. Cultura. Cripto-paisajes. Lasarte: Taxomin Ugalde. 308 p.

## 7. FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1

Excéntricas de aragonito en la Cueva de “El Soplao”. Cantabria



Fotografía 2

Galería El Bosque en la cueva de El Soplao. Cantabria

## ANEXO 1 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE ESPECIES

### ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

En la tabla A1.1 se citan especies incluidas en los anexos II, IV y V de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) que,

según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SECEM), se encuentran comúnmente o localmente presentes en el tipo de hábitat de interés comunitario 8310 Cuevas no explotadas por el turismo.

Tabla A1.1

**Taxones incluidos en los anexos II, IV y V de la Directiva de Aves (92/43/CEE) que se encuentran comúnmente o localmente presentes en el tipo de hábitat 8310.**

\* **Afinidad:** Obligatoria: taxón que se encuentra prácticamente en el 100% de sus localizaciones en el hábitat considerado; Especialista: taxón que se encuentra en más del 75% de sus localizaciones en el hábitat considerado; Preferencial: taxón que se encuentra en más del 50% de sus localizaciones en el hábitat considerado; No preferencial: taxón que se encuentra en menos del 50% de sus localizaciones en el hábitat considerado.

**NOTA:** si alguna de las referencias citadas no se encuentra entre la bibliografía de este anexo es porque se ha incluido anteriormente en la bibliografía general de la ficha.

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
<b>MAMÍFEROS</b>				
<i>Barbastella barbastellus</i>	II	No preferencial		
<i>Eptesicus serotinus</i>	IV	No preferencial		
<i>Hypsugo savii</i>	IV	No preferencial		
<i>Miniopterus schreibersii</i>	II	Obligatoria		
<i>Myotis bechsteinii</i>	II	No preferencial		
<i>Myotis blythii</i>	II	No preferencial		
<i>Myotis capaccinii</i>	II	No preferencial		
<i>Myotis emarginatus</i>	II	No preferencial		
<i>Myotis myotis</i>	II	Especialistas		
<i>Myotis mystacinus</i>	IV	No preferencial		
<i>Myotis nattereri</i>	IV	No preferencial		
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	IV	No preferencial		
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV	Preferencial		
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	IV	No preferencial		
<i>Plecotus auritus</i>	IV	Especialista		
<i>Plecotus austriacus</i>	IV	Especialista		
<i>Rhinolophus euryale</i>	II	Especialista		
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	II	Especialista		
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	II	Preferencial		
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	II	Obligatoria		

## ► Continuación Tabla A1.1

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
<b>MAMÍFEROS</b>				
<i>Tadarida teniotis</i>	IV	Preferencial		
<i>Barbastella barbastellus</i> <sup>1</sup>	II	Especialista		
<i>Hypsugo savii</i> <sup>2</sup>	IV	Preferencial		
<i>Miniopterus schreibersii</i> <sup>3</sup>	II	Especialista		
<i>Myotis bechsteini</i> <sup>4</sup>	II	Especialista		
<i>Myotis blythii</i> <sup>5</sup>	II	Especialista		
<i>Myotis capaccinii</i> <sup>6</sup>	II	Especialista		
<i>Myotis daubentonii</i> <sup>7</sup>	IV	Especialista		
<i>Myotis emarginatus</i> <sup>8</sup>	IV	Especialista		
<i>Myotis myotis</i> <sup>5</sup>	IV	Especialista		
<i>Myotis mystacinus</i> <sup>9</sup>	IV	Especialista		
<i>Myotis nattererii</i> <sup>10</sup>	IV	Preferencial		
<i>Pipistrellus pipistrellus</i> <sup>11</sup>	IV	No preferencial		
<i>Plecotus auritus</i> <sup>12</sup>	IV	Especialista		
<i>Plecotus austriacus</i> <sup>13</sup>	IV	Especialista		
<i>Plecotus teneriffae</i> <sup>14</sup>	IV	Especialista		
<i>Rhinolophus euryale</i> <sup>15</sup>	II	Especialista		
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> <sup>16</sup>	II	Especialista		
<i>Rhinolophus hipposideros</i> <sup>17</sup>	II	Especialista		
<i>Rhinolophus mehelyi</i> <sup>18</sup>	II	Especialista		

Datos según informe realizado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) en la zona norte de la Península Ibérica (comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, Castilla y León, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña) presentes en este tipo de hábitat.

**Referencias Bibliográficas:**

<sup>1</sup> Benzal & Paz, 1991; Benzal & col., 2002.

<sup>2</sup> Blanco, 1998; Benzal & Paz, 1991; Ibáñez, 2007.

<sup>3</sup> Blanco, 1998; Lucas, 2007.

<sup>4</sup> CNEA, 2003; Carro, 2007.

<sup>5</sup> Benzal & Paz, 1991; Blanco, 1998.

<sup>6</sup> Blanco, 1998; Almenar & col., 2007a.

<sup>7</sup> Benzal & Paz, 1991; CNEA, 2003.

<sup>8</sup> Benzal & Paz, 1991; Quetglás, 2007a.

<sup>9</sup> Benzal & Paz, 1991; Aguirre-Mendi, 2007.

<sup>10</sup> CNEA, 2003; Quetglás, 2007b.

<sup>11</sup> Guardiola & Fernández, 2007.

<sup>12</sup> Paz, 2007a.

<sup>13</sup> Benzal & Paz, 1991; Fernández-Gutiérrez, 2007a.

<sup>14</sup> Fajardo & Benzal, 2002; Trujillo, 2007.

<sup>15</sup> Blanco, 1998; CNEA, 2003; Goiti & Aihartza, 2007.

<sup>16</sup> CNEA, 2003; Paz, 2007b.

<sup>17</sup> Blanco, 1998; CNEA, 2003.

<sup>18</sup> Blanco, 1998; Almenar & col., 2007b.

## ESPECIES CARACTERÍSTICAS Y DIAGNÓSTICAS

En la tabla A1.2 se ofrece un listado con las especies que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (CIBIO; SECEM), pueden conside-

rarse como características y/o diagnósticas del tipo de hábitat de interés comunitario 8310. En ella se encuentran caracterizados los diferentes taxones en función de su presencia y abundancia en este tipo de hábitat (en el caso de los invertebrados, se ofrecen datos de afinidad en lugar de abundancia).

**Tabla A1.2**

**Taxones que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (CIBIO y SECEM), pueden considerarse como característicos y/o diagnósticos del tipo de hábitat de interés comunitario 8310.**

\* **Presencia:** Habitual: taxón característico, en el sentido de que suele encontrarse habitualmente en el tipo de hábitat; Diagnóstico: entendido como diferencial del tipo/subtipo de hábitat frente a otros; Exclusivo: taxón que sólo vive en ese tipo/subtipo de hábitat.

\*\* **Afinidad** (sólo datos relativos a invertebrados): Obligatoria: taxón que se encuentra prácticamente en el 100% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado; Especialista: taxón que se encuentra en más del 75% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado; Preferencial: taxón que se encuentra en más del 50% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado; No preferencial: taxón que se encuentra en menos del 50% de sus localizaciones en el tipo de hábitat considerado.

**NOTA:** si alguna de las referencias citadas no se encuentra entre la bibliografía de este anexo es porque se ha incluido anteriormente en la bibliografía general de la ficha

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
<b>INVERTEBRADOS</b>						
<i>Acanthocreagris multispinosa</i> (Estany, 1978)		Mediterráneo		Obligatoria	troglobia	
<i>Anillochlamys avariae</i> (Comas, 1977)		Valencia		Obligatoria	troglobia	
<i>Apoduvalius nalonii</i> Salgado, 1993		Asturias		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Arianta xatarti</i> (Farines, 1834)		Pirineo oriental 1.200 a 2.600 m		No preferencial	sitios húmedos	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Campodea majorica</i> (Condé, 1955)		Mediterráneo occidental		Obligatoria	troglobia	
<i>Cantabrodytes vives</i> Español, 1975		Asturias		Obligatoria	troglobia	
<i>Cantabrogeus luquei</i> (Salgado, 1993)		Cantabria		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Chilostoma desmoulinsi bechi</i> (Altamira, 1959)		Tarragona		No preferencial	fisurícola y lapidícola	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Coletinia capolongoi</i> Wygodzinsky, 1980		Endémico Comunidad Valenciana		Obligatoria	troglobia (medio subterráneo profundo)	
<i>Collartida tanausu</i> J. Ribes, P. Oromí & E. Ribes, 1997		Isla de la Palma		No preferencial	troglóxena, entre cenizas volcánicas	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Cristarmadillidium breuili</i> (Vandel, 1954)		Valencia y Alicante		Especialista	troglobia	

► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
<b>INVERTEBRADOS</b>						
<i>Dysdera crocata</i> (Koch, 1939)		Mediterráneo		No preferencial	bajo piedras y en entrada de cuevas	
<i>Haplophthalmus valenciae</i> (Cruz-Dalens, 1989)		Valencia		Obligatoria	troglobia	
<i>Henrotius jordai</i> (Reitter, 1914)		Mallorca		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Ildobates neboti</i> Español, 1966		Castellón		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Lassertia dentichelis</i> (Simon, 1884)		Toda la Península		Preferencial	troglófila	
<i>Lephyphantes fagei</i> (Barrios de Machado, 1939)		Alicante		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Lithobius jorbai</i> Serra, 1977		Endémico Comunidad Valenciana		Preferencial	troglobia	
<i>Meta segmentaria</i> (Clerck, 1757)		Mediterráneo		Preferencial	troglófila	
<i>Metajapyx moroderi</i> Silvestri, 1929		Endémico Comunidad Valenciana		Preferencial	troglófila	
<i>Norelona pyrenaica</i> (Draparnaud, 1805)		Pirineo oriental y noreste peninsular		Especialista	higrófila	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Oresigenus jaspei</i> Jeannel, 1948		Picos Europa		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Oscadytes rovirai</i> Lagar, 1975		Norte Huesca		Obligatoria	troglóxena	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Otiorhynchus torres-salai</i> Español, 1945		Sureste peninsular		Obligatoria	troglóxena	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Paratachycampa hispanica</i> Bareth & Condé, 1981		Endémico Comunidad Valenciana		Obligatoria	troglobia (medio subterráneo profundo)	
<i>Petaloptila bolivari</i> (Cazurro, 1954)		Sector meridional de la Península		No preferencial	fauna troglóxena	
<i>Plusiocampa lucenti</i> Sendra & Condé, 1986		Endémico Comunidad Valenciana		Obligatoria	troglobia (medio subterráneo profundo)	
<i>Porotachys bisulcatus</i> (Nicolai, 1822)		Toda la Península		No preferencial	fauna troglófila	

Sigue ►

► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
<b>INVERTEBRADOS</b>						
<i>Pterostichus drescoi</i> Negre, 1957		Picos de Europa		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Ptomaphagus troglodytes</i> Blas & Vives, 1883		Granada		Obligatoria	especie troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Quaestus littoralis</i> Salgado, 1999		Asturias		Obligatoria	especie troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Roncus boneti</i> (Beier, 1913)		Valencia		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Speleotyphlus aurouxi</i> (Español, 1966)		Endémico Comunidad Valenciana		Especialista	troglobia (medio subterráneo profundo)	
<i>Speocharidius galani</i> Español, 1970		Guipúzcoa		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Speocharis espanoli</i> Salgado, 1978		Cordillera de Sueve (Asturias)		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Speocharis pseudoccidentalis</i> Salgado, 1980		Cordillera de Sueve (Asturias)		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Speocharis sellai</i> Bolivar, 1924		Cordillera de Sueve (Asturias)		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Speocharis suevensis</i> Salgado, 1991		Cordillera de Sueve (Asturias)		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Speocharis variabilis</i> Salgado, 1991		Cordillera de Sueve (Asturias)		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Telema tenella</i> E. Simon, 1882		Pirineo oriental		Obligatoria	medio hipogeo	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Trechus beltrani</i> Toribio, 1990		Endémico Comunidad Valenciana		Preferencial	troglófila	
<i>Trechus fulvus vasoconicus</i> Jeannel, 1920		Cornisa Cantábrica		Obligatoria	fauna troglobia	
<i>Troglobisium racovitzai</i> (Ellingsen, 1912)		Fuerteventura		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Typhlatya miravetensis</i> Sanz y Platvoet, 1995		Castellón		Obligatoria	aguas estancadas	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>
<i>Zariquieya troglodytes</i> Jeannel, 1924		Gerona		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>

Sigue ►



► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
<b>INVERTEBRADOS</b>						
<i>Zospeum biscaiense</i> Gómez y Prieto, 1983		Cantábrico oriental		Obligatoria	troglobia	Incluido en el <i>Libro Rojo de Invertebrados</i>

Datos aportados por el Centro Iberoamericano para la Biodiversidad (CIBIO)

<b>MAMIFEROS</b>						
<i>Barbastella barbastellus</i> <sup>1</sup>			Diagnóstica	Rara	Estacionalidad: SI	
<i>Hypsugo savii</i> <sup>2</sup>			Habitual	Moderada	Estacionalidad: SI	
<i>Miniopterus schreibersii</i> <sup>3</sup>			Diagnóstica	Muy abundante	Estacionalidad: NO	
<i>Myotis bechsteini</i> <sup>4</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: SI	
<i>Myotis blythii</i> <sup>5</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	
<i>Myotis capaccinii</i> <sup>6</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	
<i>Myotis daubentonii</i> <sup>7</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: SI	
<i>Myotis emarginatus</i> <sup>8</sup>			Diagnóstica	Escasa	Estacionalidad: SI	
<i>Myotis myotis</i> <sup>9</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	
<i>Myotis mystacinus</i> <sup>10</sup>			Diagnóstica	Rara	Estacionalidad: SI	
<i>Myotis nattereri</i> <sup>11</sup>			Habitual	Escasa	Estacionalidad: SI	
<i>Pipistrellus pipistrellus</i> <sup>12</sup>			Habitual	Escasa	Estacionalidad: SI	
<i>Plecotus auritus</i> <sup>13</sup>			Diagnóstica	Muy abundante	Estacionalidad: SI	
<i>Plecotus austriacus</i> <sup>14</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	

Sigue ►

## ► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
<b>MAMIFEROS</b>						
<i>Plecotus teneriffae</i> <sup>15</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	
<i>Rhinolophus euryale</i> <sup>16</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> <sup>17</sup>			Diagnóstica	Moderada	Estacionalidad: NO	
<i>Rhinolophus hipposideros</i> <sup>18</sup>			Diagnóstica	Escasa	Estacionalidad: NO	
<i>Rhinolophus mehelyi</i> <sup>19</sup>			Diagnóstica	Escasa	Estacionalidad: NO	

Aportaciones realizadas por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) sólo para la zona sur de distribución en la Península Ibérica del hábitat 8310.

El uso de este tipo de hábitat depende de la época del año para muchas de estas especies de quirópteros, pues presentan refugios invernales (de hibernación) y refugios estivales (para la reproducción). Las especies que no cambian sus refugios en todo el año se han marcado con un asterisco (\*).

**Referencias Bibliográficas:**

- <sup>1</sup> Benzal & Paz, 1991; Benzal & col., 2002.
- <sup>2</sup> Blanco, 1998; Benzal & Paz, 1991; Ibáñez, 2007.
- <sup>3</sup> Blanco, 1998; Lucas, 2007.
- <sup>4</sup> CNEA, 2003; Carro, 2007.
- <sup>5</sup> Benzal & Paz, 1991; Blanco, 1998.
- <sup>6</sup> Blanco, 1998; Almenar & col., 2007a.
- <sup>7</sup> Benzal & Paz, 1991; CNEA, 2003.
- <sup>8</sup> Benzal & Paz, 1991; Quetglás, 2007a.
- <sup>9</sup> Benzal & Paz, 1991; Blanco, 1998.
- <sup>10</sup> Benzal & Paz, 1991; Aguirre-Mendi, 2007.
- <sup>11</sup> CNEA, 2003; Quetglás, 2007b.
- <sup>12</sup> Guardiola y Fernández, 2007.
- <sup>13</sup> Paz, 2007a.
- <sup>14</sup> Benzal & Paz, 2007; Fernández-Gutiérrez, 2007.
- <sup>15</sup> Fajardo & Benzal, 2002; Trujillo, 2007.
- <sup>16</sup> Blanco, 1998; CNEA, 2003; Goiti & Aihartza, 2007.
- <sup>17</sup> CNEA, 2003; Paz, 2007b.
- <sup>18</sup> Blanco, 1998; CNEA, 2003.
- <sup>19</sup> Blanco, 1998; Almenar & col., 2007b.

## IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

En la tabla A1.3 se ofrece un listado con las especies que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SECEM), pueden considerarse como típicas del tipo de hábitat de interés

comunitario 8310. Se consideran especies típicas a aquellos taxones relevantes para mantener el tipo de hábitat en un estado de conservación favorable, ya sea por su dominancia-frecuencia (valor estructural) y/o por la influencia clave de su actividad en el funcionamiento ecológico (valor de función).

**Tabla A1.3**

**Identificación y evaluación de los taxones que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SECEM), pueden considerarse como típicos del tipo de hábitat de interés comunitario 8310.**

\* **Nivel de referencia:** indica si la información se refiere al tipo de hábitat en su conjunto, a alguno de sus subtipos y/o a determinados LIC.

\*\* **Opciones de referencia:** 1: taxón en el que se funda la identificación del tipo de hábitat; 2: taxón inseparable del tipo de hábitat; 3: taxón presente regularmente pero no restringido a ese tipo de hábitat; 4: taxón característico de ese tipo de hábitat; 5: taxón que constituye parte integral de la estructura del tipo de hábitat; 6: taxón clave con influencia significativa en la estructura y función del tipo de hábitat.

\*\*\* **CNEA= Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.**

Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado X.

**NOTA:** si alguna de las referencias citadas no se encuentra entre la bibliografía de este anexo es porque se ha incluido anteriormente en la bibliografía general de la ficha.

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación					Comentarios	
		Área de distribución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de poblaciones	Categoría de Amenaza UICN			CNEA ***
					España	Mundial		
<b>MAMÍFEROS</b>								
<i>Miniopterus schreibersii</i> <sup>1</sup>	(3)	Está presente en toda la Península Ibérica y Baleares pero no en Canarias. Es más abundante en la franja mediterránea y en la mitad sur peninsular	Especie estrictamente cavernícola, es más frecuente en áreas calcáreas donde la naturaleza del sustrato favorece el desarrollo de cavidades naturales	Aunque no se tienen datos muy precisos, se ha apreciado un acusado descenso poblacional en muchos refugios, aunque también se observaron aumentos en algunas colonias difíciles de interpretar. La principal amenaza para esta especie es la pérdida de refugios y las molestias humanas	Vulnerable	Riesgo bajo	Vulnerable	

Sigue ►

► Continuación Tabla A1.3

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación					CNEA ***	Comentarios
		Área de distribución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de poblaciones	Categoría de Amenaza UICN			
					España	Mundial		
<b>MAMÍFEROS</b>								
<i>Plecotus auritus</i> <sup>2</sup>	(3)	En la Península Ibérica se encuentra en los sistemas montañosos de la mitad septentrional, y no existe en Baleares ni en Canarias. Durante el invierno es común en cavidades y túneles	Es una especie forestal de bosques atlánticos donde existen refugios adecuados (troncos de árboles y cavidades subterráneas)	No existen datos específicos sobre su tamaño poblacional. No obstante se considera una especie forestal muy abundante en las áreas atlánticas e incluso en algunas zonas ha incrementado su presencia. Las dos amenazas principales sobre esta especie son la desaparición de bosques, especialmente de árboles añosos y la pérdida de refugios y las molestias en éstos durante la época invernal	No Amenazada	Riesgo menor –casi amenazada	De Interés Especial	
<i>Plecotus austriacus</i> <sup>3</sup>	(3)	En España está presente en todas las comunidades autónomas excepto en Canarias, aunque de manera irregular. Es una especie termófila que ocupa las zonas más bajas de la región eurosiberiana y las más altas de la región mediterránea	Los hábitat de alimentación son muy variados y principalmente utiliza como refugios cuevas, naturales y artificiales	Parece ser abundante (sobre todo en la región mediterránea), aunque en los últimos años se ha constatado la pérdida de refugios importantes para la especie. El principal factor que amenaza a la especie es la pérdida de refugios adecuados por la acción humana	No Amenazada	Riesgo menor –preocupación menor	De Interés Especial	

Aportaciones realizadas por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) sólo para la zona sur de distribución en la Península Ibérica del hábitat 8310.

**Bibliografía Científica de Referencia:**<sup>1</sup> Benzal & Paz, 1991; Lucas, 2007a; Lucas, 2007b.<sup>2</sup> Blanco, 1998; Paz, 2007a; Paz, 2007c.<sup>3</sup> Benzal & Paz, 1991; Fernández-Gutiérrez, 2007a; Fernández-Gutiérrez, 2007b.

## BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- AGIRRE-MENDI, P. T., 2007. *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817). Ficha Libro Rojo. pp 176-179. En: Palomo, L.J., Gisbert, J. & Blanco, J. C. *Atlas y libro rojo de los mamíferos de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, SECEM-SECEMU.
- ALMENAR, D., ALCOCER, A. & MONSALVE, M. A. 2007a. *Myotis capaccinii* (Bonaparte, 1837). Ficha Libro Rojo. pp 194-196. En: Palomo, L.J., Gisbert, J. & Blanco, J. C. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos de España*. Madrid: Dirección general para la Biodiversidad, SECEM-SECEMU.
- ALMENAR, D., ALCOCER, A., & MONSALVE, M. A. 2007b. *Rhinolophus mehelyi* (Matschie, 1901). Ficha Libro Rojo. pp 148-150. En: Palomo, L. J., Gisbert, J. & Blanco, J. C. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos de España*. Madrid: Dirección general para la Biodiversidad, SECEM-SECEMU.
- BENZAL, J., FAJARDO, S. & GARCÍA, L. 2001. El patrón de distribución del murciélago de bosque (*Barbastella barbastellus*) en España y la posible influencia de su especificidad alimentaria. *Ecología* 15: 361-372.
- BENZAL, J. & PAZ, O. de, 1991. *Los murciélagos de España y Portugal*. Monografías ICONA. Colección Técnica.
- BLANCO, J. C., 1998. *Mamíferos de España*. Geopláneta.
- DOMINGO, J., MONTAGUD, S. & SENDRA, A., 2007. *Invertebrados endémicos de la Comunitat Valenciana*.
- HERRERO-BORGOÑÓN, J. J. & GONZÁLEZ, J. V., 1993. *Aproximación a la flora y la fauna cavernícolas de La Safor (Valencia)*.
- SALGADO, J. M., 1995. Fauna troglobia de la Cordillera del Suevo (Asturias, España). *Mém. Biospéol* 22: 129-137.
- VERDÚ, J. R. & GALANTE, E. (eds.), 2006. *Libro Rojo de los Invertebrados de España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad. Colección Técnica.