

Karst y sociedad

Society and karst

PEDRO A. ROBLEDO ARDILA¹ Y JUAN JOSÉ DURÁN VALSERO²

¹ Unidad del IGME en las Islas Baleares. C/Felicià Fuster nº 7, 07006, Palma de Mallorca, Baleares.
 E-mail: pa.robledo@igme.es

² IGME. C/Ríos Rosas nº 23, 28003, Madrid. E-mail: jj.duran@igme.es

Resumen La interacción entre seres humanos y karst, superficial y subterráneo, ha sido permanente desde que los primeros homínidos estaban en el Planeta. Por muchos motivos, esta relación ha estado casi siempre ligada al aprovechamiento de los recursos naturales, especialmente con el agua o con el refugio que ofrecían algunas cuevas. Desde entonces, tanto en las cavidades como en los parajes kársticos superficiales, se han producido diferentes tipos de aprovechamientos, evolucionando al mismo tiempo que nuestras propias necesidades. Probablemente, entre los aprovechamientos más significativos desde finales del siglo XIX se encuentra el turismo, en ocasiones ligado a los espacios naturales protegidos como sucede en el Torcal de Antequera (Málaga) o en otras cuevas turísticas habilitadas para su visita. Pero los usos y aprovechamientos no sólo se limitan a este aspecto destacado, sino que hoy en día existe una amplia diversificación en el "universo del karst". Se han creado nuevos segmentos de interacción entre personas y karst, como el deporte de escalada, la espeleología o el buceo, el cultural, el arquitectónico, el científico o incluso investigaciones extraterrestres. Por ello, entre las muchas particularidades del karst superficial y subterráneo, su uso y aprovechamiento es uno de los aspectos más relevantes en esta estrecha relación entre el ser humano y el karst. Pero esta simbiosis si no está bien dirigida puede convertirse en un problema, ya que los medios kársticos, en general, son muy sensibles y frágiles y los usos intensivos o aprovechamientos inadecuados, pueden dar lugar a la alteración o pérdida de elementos tan importantes como el arte rupestre, determinados ecosistemas o algunos recursos básicos para nuestra subsistencia, como el agua.

Palabras clave: Sociedad, karst, recursos naturales, turismo, usos.

Abstract *The interaction between humans and karst, on the surface and underground, has been permanent since the early hominids inhabited the Planet. For many reasons the relationship between karst and man has almost always been related to the use of natural resources, especially those linked to water or shelter provided by some caves. Since those times, many cavities and surface karst landscapes have given rise to different uses, which have evolved as have our own needs. Tourism is probably among the most significant uses since the late XIX century, sometimes linked to protected natural areas, as in the Torcal de Antequera (Málaga) or in show caves equipped to be visited. But the uses and exploitations are not limited to this outstanding aspect; today there is a wide diversification in the "karst universe." New segments of interaction between man and karst have appeared, such as sport climbing, caving or diving, cultural, architectural or even extraterrestrial scientific research. Therefore, among the many peculiarities of underground and karst surface areas, its use and exploitation is one of the most important aspects in this close relationship between man and karst. But these symbioses, if not well managed, can become a problem, since the karstic environment is in general very sensitive and fragile and the intensive uses may lead to the alteration or loss of important elements such as rock art, ecosystems or some basic resources for our subsistence, as is the water.*

Keywords: Karst, man, natural resources, tourism, use.

INTRODUCCIÓN

La historia de la ocupación y aprovechamiento de los recursos en medios kársticos se ha aborda-

do desde sus inicios mediante planteamientos diacrónicos y tipológicos en diferentes zonas de ocupación humana (Ramos, 1998). La interacción entre ser humano y karst, superficial y subterráneo, ha

sido permanente desde que el origen de la especie en el planeta y por causas casi siempre relacionadas con los recursos geológicos e hidrogeológicos. Nuestros ancestros desarrollaban parte de su vida en cavidades kársticas, usando estos ambientes como morada o refugio, por lo que existen muchos vestigios a lo largo y ancho del planeta de su presencia desde hace cientos de miles de años (Robledo y Durán, 2011). Es frecuente encontrar restos arqueológicos y paleontológicos ligados al karst, ya sea en abrigos, cuevas, fisuras o dolinas (Arribas *et al.*, 1999). Existen ejemplos emblemáticos como el de Atapuerca en Burgos, donde los restos humanos hallados (*Homo Antecesor*) tienen cerca de 1 millón de años de antigüedad. Altamira es otro ejemplo conocido a nivel mundial por sus increíbles pinturas rupestres realizadas hace más de 30 mil años. No en vano, la cavidad es conocida internacionalmente por los policromos pintados en su techo, que le valió el calificativo de "Capilla Sixtina del Arte Rupestre" (Carcavilla *et al.*, 2007).

Por otro lado, los terrenos kársticos han sido y son fuente de vida para el ser humano. Se ha utilizado los recursos del karst desde tiempos ancestrales con muchos propósitos, aunque normalmente ligado a la obtención del agua, vital para su subsistencia. El agua es probablemente el recurso más destacado, puesto que la mayoría de asentamientos humanos se ubican en zonas kársticas donde es un recurso de fácil acceso y abundante (López y Durán, 1989). Este hecho, ha sido un denominador común a lo largo de la historia de la relación entre las personas y el karst, desde importantes civilizaciones antiguas como la griega o la romana en Europa, pasando por la Maya y la Azteca en Sudamérica, que ha ocupado áreas kársticas para poder tener un suministro permanente de agua, hasta asentamientos contemporáneos. Como ejemplo paradigmático, una parte importante de la civilización Maya se ubicó en la península del Yucatán, donde los cenotes (dolinas colapsadas que permiten el acceso directo al agua del acuífero) eran lugares a partir de los cuales se desarrollaban sus asentamientos. Otros recursos como los minerales o las rocas en ambientes kársticos, también han sido objeto de explotación, en muchos casos intensiva, siendo la minería la punta de lanza de este tipo de aprovechamiento. La extracción de la propia roca sobre la que se desarrolla el karst, rocas carbonáticas y evaporíticas, también han sido un recurso aprovechado por los humanos, ya sea como roca de construcción o como piedra ornamental, esta última ligada a depósitos de precipitación química (falsa ágata). Y, las mineralizaciones ligadas a estas rocas, especialmente en dolomías, como el plomo y el zinc.

Pero tanto las cuevas como los medios kársticos superficiales han dado lugar a nuevos usos y aprovechamientos. Probablemente, el más significativo desde finales del siglo XIX hasta la actualidad es el turismo. Casi una cuarta parte de la población del mundo desarrollado visita al menos una vez al año un paisaje kárstico, superficial y/o subterráneo (Robledo y Durán, 2011). En este segmento las cuevas juegan un papel clave, ya que son la atracción kárstica que más turistas atrae. Existen

ejemplos en todo el planeta y, España está entre los países más dinámicos en este sector; con una oferta que va desde las cuevas turísticas emblemáticas de Mallorca, ligadas al turismo de masas desde mediados del siglo XX, hasta cuevas con un número de vistas limitadas como Altamira, en Cantabria. Pero los usos y aprovechamientos no sólo se limitan a estos aspectos destacados ya que existe una amplia diversificación en el "mundo del karst". Se han desarrollado nuevas facetas de interacción, como el deporte con la espeleología o el buceo, el cultural, con especial énfasis en el uso religioso de algunas cuevas; el aprovechamiento arquitectónico mediante el uso habitacional de algunas cavidades; el uso científico, estudiando el registro sedimentario de cavidades como proxy paleoclimático, investigaciones en acuíferos en el ámbito de la hidrogeología, o incluso investigaciones extraterrestres (Pardo y Robledo, 2016), siendo las cuevas kársticas análogos excepcionales; el uso agropecuario, con la plantación de champiñones por ejemplo, o usos para infraestructuras, energético, terapéutico o incluso bélico, entre otros.

Por todo ello, entre las muchas singularidades de los paisajes kársticos, el uso y aprovechamiento que se hace de estos medios es el aspecto más relevante y destacado de la relación entre sociedades y el karst. Sin embargo, hay que apuntar que todos los ambientes kársticos presentan una característica diferencial respecto a otros tipos de espacios naturales. Las áreas kársticas son muy sensibles y frágiles para determinados usos, o que estos sean intensivos, debido a la problemática ambiental de la contaminación de las aguas subterráneas, los riesgos geológicos ligados al karst (López y Durán, 1989) o la degradación de elementos muy vulnerables por la presión humana, como los espeleotemas, el arte parietal en algunas cuevas turísticas o determinados ecosistemas que sólo habitan en ciertas áreas kársticas superficiales y subterráneas. Por ello, desde hace unos años, los ambientes kársticos superficiales y subterráneos intentan protegerse mediante figuras legislativas de carácter nacional o internacional, destacando entre éstas las impulsadas por la UNESCO (Williams, 2008).

USOS Y APROVECHAMIENTOS EN MEDIOS KÁRSTICOS SUBTERRÁNEOS

Los medios kársticos subterráneos en general han sido objeto de la curiosidad y de la necesidad humana; cuevas y acuíferos. Su uso y aprovechamiento ha pasado de ser morada de nuestros ancestros a atracciones turísticas en la actualidad, como sucede en el caso de las cuevas (Robledo y Durán, 2011). En algunas regiones suponen incluso un porcentaje importante de los ingresos en las economías locales o regionales. López y Durán (1989) hicieron una primera clasificación sobre los aprovechamientos del espacio subterráneo, definiendo una amplia amalgama de hasta 16 usos, junto con los lugares de aplicación y su frecuencia de uso. En la tabla I se indican los usos más comunes de las cuevas, de los que a continuación se pasa a describir los más significativos.

Nº	USOS Y APROCHAMIENTOS EN MEDIOS KÁRSTICOS SUBTERRÁNEOS	FRECUENCIA DE USO	USOS Y APROVECHAMIENTOS EN MEDIOS KÁRSTICOS SUPERFICIALES	FRECUENCIA DE USO
1	Abastecimiento de agua	00000	Abastecimiento de agua	00
2	Minero	000	Minero	000
3	Deportivo	00000	Deportivo	000
4	Turístico	00000	Turístico	00000
5	Científico	00000	Científico	0000
6	Cultural	00000	Cultural	000
7	Patrimonial	0000	Patrimonial	00
8	Arquitectónico	000	Agropecuario	000
9	Agropecuario	00	Bélico	000
10	Infraestructuras	00	Infraestructuras	0000
11	Energético	00	Energético	0000
12	Bélico	000	Bélico	0
13	Terapéutico	0	Terapéutico	
14	Protección y Conservación vs Espacios Naturales Protegidos	0000	Protección y Conservación vs Espacios Naturales Protegidos	0000
15	Otros	00	Otros	00

Tabla I. Distribución de aprovechamientos y usos en medios kársticos superficiales y subterráneos. La frecuencia de usos va de 1 a 5 (círculos) donde 1 es la mínima frecuencia y 5 es la máxima.

Aprovechamiento del agua

Los acuíferos kársticos, carbonáticos y evaporíticos, aportan en la actualidad un porcentaje del agua de abastecimiento muy importante. Ello se debe a una amplia distribución global (con más de 20 millones de km² de rocas carbonatadas evaporíticas ocupan más del 12% de la superficie terrestre) y a que los recursos hídricos disponibles que contienen, alcanzan cifras de cientos de miles de km³. Aproximadamente 1/4 parte de la población mundial se abastece con agua subterránea procedente de acuíferos kársticos. Un tercio de la superficie de Europa está ocupada por este tipo de acuíferos, lo que supone aproximadamente un 35 % del territorio. En algunos países europeos las aguas kársticas son un porcentaje muy elevado respecto del total del agua suministrada para los diferentes usos: Austria, Eslovenia (50 %) Bélgica, Croacia, Eslovaquia, Francia (25-35 %), Reino Unido, Suiza (15-20 %) según datos recogidos en el informe COST 65 (1995). En España la representación es muy similar con alrededor 145.000 km² de territorio ocupado por rocas potencialmente karstificables (carbonatos y evaporitas). Los recursos hídricos renovables anualmente en los acuíferos carbonatados kársticos españoles son del orden de 15.000 hm³ de los que se bombea cerca de 2.000 hm³, cerca del 40%, del total (Durán *et al.*, 2004). El agua que se capta desde estos acuíferos aporta recursos hídricos para abastecimientos urbanos, industriales y agrícolas, en ocasiones, con explotaciones intensivas que pueden suponer problemas asociados de contaminación (Drew y Hotz, 1999) pérdida de ecosistemas asociados (caudal ecológico) o riesgos ligados a depresiones de niveles piezométricos.

Aprovechamiento minero

Las rocas karstificables son a menudo utilizadas como recursos minerales con diferentes fines de uso. De hecho, las civilizaciones antiguas utilizaban algunos minerales como las sales u otros

contenidos en las calizas como los cuarzos, para fabricar utensilios o artefactos con los que pintaban o esculpían marcas en las paredes de las cuevas. En Grecia o España, algunos ambientes kársticos subterráneos se convirtieron en auténticas canteras a cielo cubierto, especialmente para la extracción de rocas con fines constructivos. Destacan entre ellas las canteras de marés en Baleares, con importantes volúmenes de roca, alguna de la cuales se utilizaron para construir obras arquitectónicas tan importantes como la catedral de Palma de Mallorca (Fig. 1) (Robledo, 2014). Por otra parte, los depósitos de precipitación química, espeleotemas, han sido también codiciados como rocas ornamentales, falsa ágata. Muestra de ello son las numerosas extracciones en cuevas de Mallorca, como la cueva de S'Ònix, en el municipio de Manacor, con la que se realizaron importantes obras como la tumba del cardenal Rafael Merry del Val, ubicada en la basílica de San Pedro, Ciudad de Vaticano, con coladas estalagmíticas (Ginés *et al.*, 2007). Otro ejemplo es la cueva del Agua, en Granada, donde en los años 40 y 50 se explotó una colada estalagmítica con más de 4 m de diámetro. En otros países del mundo la extracción de estos depósitos supone un importante *input* económico, como en EEUU o en algunos países del este de Europa. También en este caso, el aprovechamiento de los elementos del endokarst supone siempre un importante deterioro de su valor patrimonial.

Las minas en rocas carbonáticas con mineralizaciones asociadas, son otros aprovechamientos del karst muy extendidos. En el norte de España las formaciones carbonáticas con mineralizaciones de plomo y zinc han sido intensamente explotadas, entre ellos los ejemplos de la minas de Áliva, en Cantabria, con la extracción de la famosa blenda acaramelada, o la minas de la Florida, en las que las labores de minería dieron con los soplaos (nombre que utilizaban cuando los mineros intersectaban una cavidad y una corriente de aire circulaba por las galerías pre-

viamente construidas). Un ejemplo emblemático en España es la cueva de El Soplao, que actualmente está abierta para su visita turística (Robledo y Durán, 2013).

Aprovechamiento deportivo

Las cavidades han sido objeto en los últimos años de un importante auge en el campo de la espeleología. La exploración de cuevas puramente desde la óptica del deporte y con fines ligados a este tipo de ocio, supone que actualmente en lugares como en España existan numerosos clubs, federaciones autonómicas, una federación nacional (recientemente disuelta) con una federación europea a la cabeza. Hasta mediados del siglo XVIII las incursiones en cavidades se realizaban con fines de exploración aunque eran muy puntuales (López y Durán, 1989) y con medios muy precarios. A finales del siglo XIX y principios del XX nace la espeleología moderna, financiada en la mayoría de casos por mecenas que tenían un interés especial en el conocimiento de estos ambientes (Robledo y Durán, 2011). El naturalista francés E.A. Martel fue, probablemente, uno de los primeros espeleólogos tal y como hoy los entendemos, precursor en España de esta apasionante faceta y, uno de los impulsores del turismo en cuevas (Martel, 1896; Robledo y Durán, 2011). Una de sus exploraciones más importantes la realizó en las Coves del Drac, Mallorca, cuyo lago más importante lleva su nombre (Lago Martel). Hoy en día, la espeleología también cumple facetas técnico-científicas, especialmente en la elaboración de topografías endokársticas o en el soporte a grupos de investigación para la recolección de muestras o realización de fotografías, entre otras actividades. De la espeleología surgió el espeleobuceo, una actividad de alto riesgo pero que se ha mostrado muy sugerente y útil para conocer la geometría y distribución de conductos de cavidades sumergidas. En el mundo existen importantes cuevas, total o parcialmente sumergidas, algunas entre las más grandes del planeta, que han sido descubiertas gracias a esta técnica, como Sac Actun y Ox Bel Ha, en Quintana Roo, México, con más de 200 km de desarrollo de conductos. En España destacan cavidades como Zarzalones, en Málaga, donde la profundidad y distancia alcanzadas por los espeleobuceadores impiden la continuidad de la exploración. La Cova de Es Pas de Vallgornera, en Mallorca, con más de 70 km (todavía en exploración) o la Cova de Sa Gleda también en Mallorca, protagonista de famosos programas de televisión por sus increíbles espeleotemas sumergidos y, que recientemente fue objeto de una Tesis Doctoral, cuyo núcleo de trabajo fueron las exploraciones mediante técnicas avanzadas en espeleobuceo en cuevas aqualinas (Gràcia, 2016)

Aprovechamiento turístico

El turismo en el mundo subterráneo es, tal vez, la actividad que más ha evolucionado en los últimos años. A esta faceta se la ha denominado Geoturismo, que es un segmento turístico que en la segunda mitad del siglo XX ha experimentado un importante crecimiento, también conceptual (Sardy, 2009); esencialmente ligado a zonas cuyos atractivos principales son paisajes naturales con elementos

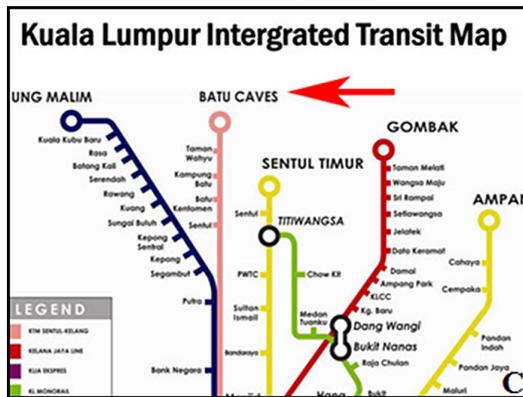


geológicos espectaculares de gran valor estético y escénico como las cuevas (Carcavilla *et al.*, 2011). Este sector basa su estrategia de promoción en la existencia de elementos geológicos singulares, que a veces están ligados a otros aspectos culturales y naturales asociados (Carcavilla *et al.*, 2011). El ejemplo de las cavidades, es tal vez, uno de los más emblemáticos del geoturismo, no sólo por la historia que precede sus visitas, sino porque es uno de los elementos geológicos más directamente relacionado con esta forma de turismo. Se han estimado cifras sobre el número de visitantes de una cueva, lo que pone de relieve el interés por estos espacios naturales ubicados en el subsuelo (Rivas *et al.*, 2004; Durán, 2006; Robledo y Durán, 2011). Más de 600 millones de personas visitan una cavidad una vez al año y más de 1.000 cuevas en el mundo están habilitadas para su visita turística (Ford y Williams, 1989; Robledo y Durán, 2011). Algunos sistemas de cavidades como la cueva-santuario de Batu, en Malasia, reciben entre 1,5 y 2 millones de turistas al año (Fig. 2), concretados en épocas muy puntuales asociadas a cultos religiosos. La *Mammoth Cave*, Kentucky, en EEUU, supera los 2,2 millones de visitantes anuales (Palmer, 2016).

Otros ejemplos muy singulares son el *Blue Hole* de Belice, una cavidad sumergida de desarrollo vertical que es una atracción para buceadores y bañistas; los cenotes de la península del Yucatán, en México, reciben cientos de miles de turistas anuales, muchos de ellos nacionales y otros internacionales que van exclusivamente para disfrutar de la práctica del espeleobuceo. España cuenta con más de 60 cavidades habilitadas al turismo, algunas de las cuales están integradas en la Asociación de Cuevas Turísticas Española (ACTE) (Fig. 3). Se estima que el número de turistas que visitan cada año una cavidad está por encima de los 5 millones. Este dato coloca a España a la cabeza del ranking europeo en cuanto número de visitantes de cuevas turísticas y uno de los primeros a nivel mundial (Robledo y Durán, 2010). Las Islas Baleares son el ejemplo más significativo por el gran número de visitas anuales que reciben

Fig. 1. Imagen de las minas de Galdent, Mallorca, en las que se explotan calcarenitas del Plioceno y Pleistoceno.

Fig. 2. A y B). Imagen de la entrada de la cueva de Batu, en Malasia, con y sin visitantes. Es una de las cavidades turísticas más visitadas del mundo. C) Entre la infraestructura que cuenta para su acceso, se ha construido una línea de metro hasta su entrada como se puede observar en el plano del metro local. (modificada de <http://www.photodharma.net/Malaysia/Batu-Caves/Batu-Caves.htm>).



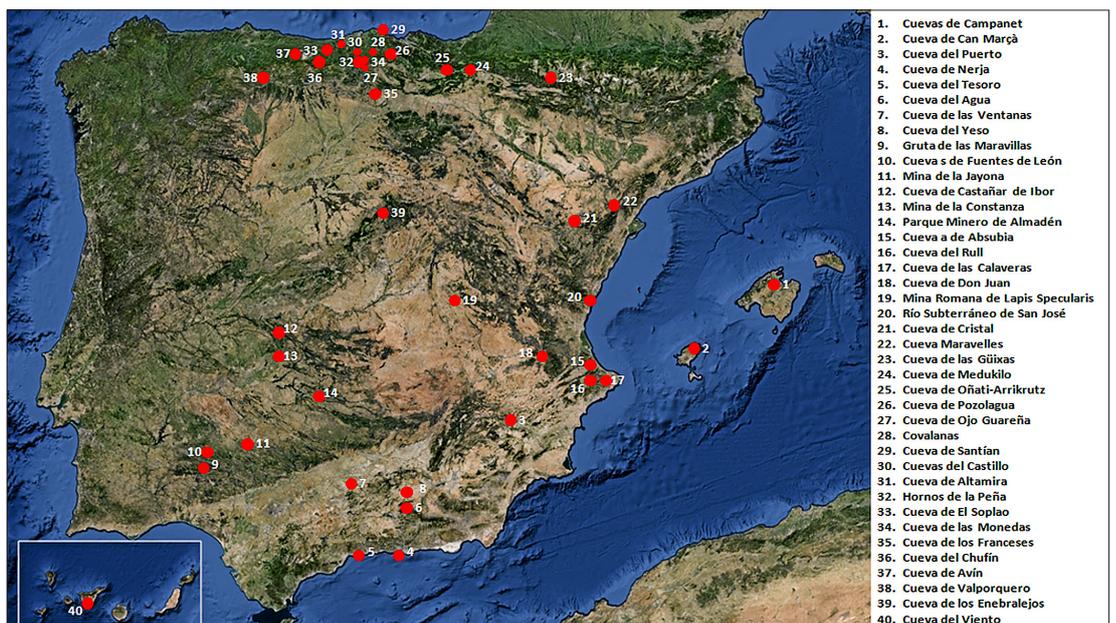
en sus cuevas (por encima de 1,5 millones). Cuevas como las del Drac, con más de 1 millón de visitantes, catapulta a esta localidad insular española a la cima de los monumentos geológicos más visitados de España y Europa (Robledo y Durán, 2010). De hecho, su repercusión sobre la economía balear y su relación con la oferta turística asociada a sol y playa, es un espejo a nivel mundial para atraer turistas. Este aspecto, junto con la particularidad de la titularidad

privada de las cuevas, hace que las Islas Baleares sean, cuanto menos, singulares en lo que al turismo en cavidades se refiere. Otros ejemplos destacados son la cueva de Nerja, con medias anuales de casi 500.000 visitantes.

Aprovechamiento científico

Los sistemas endocársticos son ambientes en los que confluyen muchos procesos geológicos, geomorfológicos, geoquímicos, hidrogeológicos, biológicos o microambientales, entre otros, por lo que son excelentes laboratorios naturales que permiten la confluencia de multitud de disciplinas científicas. De hecho, existen cuevas en el mundo que funcionan actualmente como verdaderos laboratorios subterráneos, como son la cueva de Lechuguilla, EEUU (Lyles y Donald, 2016), la mina-cavidad de Naica en México (Calaforra *et al.*, 2012), la cueva de Castañar de Ibor o la cueva de la Garma, en España. Entre los usos científicos más relevantes destacan el estudio de las variaciones climáticas pasadas a partir del análisis isotópico y geocronológico de depósitos sedimentarios endocársticos. También, los estudios

Fig. 3. Mapa de las cuevas turísticas en España incluidas en la Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE, 2016).



geomorfológicos aplicados para la correcta planificación y gestión de las cuevas; los estudios microbiológicos que identifican bacterias o microbios actuales o pasados o estudios microambientales para conocer la evolución del sistema endokárstico y las posibles afecciones derivadas de la presión humana sobre el medio. Un ejemplo de este tipo de estudios en España es la Fundación Cueva de Nerja, que tiene un equipo de científicos permanente en este campo de trabajo (Liñán *et al.*, 2014). Hay otras disciplinas importantes que intervienen en los ambientes endokársticos como, el estudio de fauna troglobia, endemismos vegetales o animales como las poblaciones de murciélagos, estos últimos de gran relevancia en el mundo de la fauna endokárstica. Entre los resultados más destacados de estas investigaciones destacan las conclusiones obtenidas del análisis isotópico de una estalagmita que permitió explicar algunas de las causas climáticas que fueron motivo de la extinción de la civilización Maya (Haug *et al.*, 2003). El descubrimiento de estromatolitos cuyos microbios y bacterias se alimentaban del manganeso contenido en el agua endokárstica; o la aplicación de nuevos métodos de cartografía geomorfológica en la cueva de El Soplao, con la elaboración de secciones transversales y perpendiculares a la dirección principal de la cavidad (Robledo y Durán, 2012 y 2013) lo que ha permitido a las autoridades competentes disponer de una herramienta muy útil para una eficiente gestión de la cavidad.

Aprovechamiento patrimonial

Las cuevas constituyen, en muchos casos, una parte importante del patrimonio geológico, paleontológico y arqueológico de un país, por la excelente conservación de determinados elementos en los sedimentos o en las paredes de las mismas (Robledo *et al.*, 2009). Actualmente, son las cavidades con restos paleontológicos y arqueológicos las que muestran una mayor significancia por el valor del conocimiento de nuestros antepasados, sus costumbres y el propio conocimiento de la evolución humana (Carcavilla, *et al.*, 2007). La paleontología, como valor patrimonial, ha evolucionado mucho en los últimos años, siendo unos de los valores del endokarst más importantes. En el mundo han sido varias las cuevas donde los restos de homínidos han ampliado el conocimiento del ser humano a lo largo de la historia. Los ejemplos de las cuevas mexicanas de Quintana Roo, con restos humanos de niños mayas en los cenotes (Nava Blank, 2011) como el de *Chichén Itzá*, que descarta una creencia popular de que los mayas sólo sacrificaban doncellas vírgenes, es uno de los ejemplos más destacados. En España el auge de la paleontología ha venido de la mano de Atapuerca, culminando un ciclo con la apertura del Museo de la Evolución Humana, en Burgos. El arte parietal, con especial énfasis en las pinturas rupestres, es otro de los elementos patrimoniales más valorados, llegando incluso a cerrar algunas cavidades para proteger convenientemente los valores de la misma (Robledo *et al.*, 2009). EEUU fue el primer país que estableció leyes efectivas para la protección de cavidades, declarando desde 1930 cuevas como Parques Nacionales. Hoy en día muchos países y regiones del mundo dispo-

nen de leyes que protegen de forma directa estos valores del karst tan vulnerables.

Aprovechamiento cultural

Bajo esta tipología de uso se agrupan distintas actividades. En muchos países las cavidades se utilizan como salones musicales en los que se imparten conciertos, espectáculos u obras de teatro. Nerja ha tenido durante años un Festival en verano en el que importantes personajes de la música actuaban en una de sus salas más importantes (Del Rosal *et al.*, 2014). También, se han habilitado cavidades como museos subterráneos con diversos motivos de exposición. Sin embargo, uno de los usos culturales más extendidos y que más visitantes atraen son los ritos religiosos. Muchas cavidades en el mundo se utilizan como templos o capillas, siendo el más destacado la cueva de Batu, en Malasia, en la que la línea de metro llega hasta la entrada de la propia cueva para facilitar el acceso a los miles de visitantes diarios que tiene durante los días de culto (Robledo y Durán, 2011) (Fig. 2) En otros lugares como España, hay centenares de imágenes o figuras de vírgenes o santos en cuevas y son lugar de peregrinaje masivo en ciertas épocas del año.

USOS Y APROVECHAMIENTOS EN MEDIOS KÁRSTICOS SUPERFICIALES

Los terrenos kársticos superficiales, aunque con menos usos y aprovechamientos que los subterráneos, poseen también un gran potencial, como se refleja en la tabla I. Ubicarse en un espacio abierto y con paisajes muy bellos, es otro atractivo muy valorado por habitantes y turistas. No obstante, se hacen usos muy concretos como los aprovechamientos de infraestructuras, especialmente presas; los cañones kársticos en ocasiones son lugares ideales para el levantamiento de muros de presa, con los riesgos lógicos asociados (López y Durán, 1989).

Otras zonas se usan como áreas de cultivo o de pasto para el ganado. Las primeras se asocian a grandes poljes y dolinas, dado que la tierra de relleno, en muchas ocasiones, es propicia para el cultivo de ciertos vegetales o legumbres. En cuanto al ganado, la propia orografía de estos terrenos, hace que funcione de forma natural como barreras, siendo el pastoreo una actividad frecuente de estos espacios. El uso deportivo también se ha extendido mucho en los ambientes kársticos superficiales, siendo la escalada uno de los más numerosos en cuanto a número de deportistas federados (López y Durán, 1989). Las paredes de grandes relieves karstificados, como las montañas de Montserrat, en Cataluña, la Serra de Tramuntana, en Mallorca o a la sierra de Huma en Antequera, son ejemplos de lugares donde se desarrolla esta actividad a lo largo de todo el año.

El turismo es otro segmento ligado a estos ambientes, ya que se trata de áreas con un alto valor paisajístico y una fauna y flora singular. Pero sobre todo, las llamadas “Ciudades de Piedra” como la Ciudad encantada de Cuenca o El Torcal de Antequera, abren una ventana a los visitantes que se cuentan por cientos de miles (Durán y Robledo, 2002). También otros

Fig. 4. Desembocadura del cañón kárstico del Torrent de Paréís, Mallorca, Illes Balears.



Fig. 5. Imagen de las impresionantes torres kársticas de La Bahía Ha Long, Vietnam. (modificada de <http://sinhcafetourist.vn/tin-tuc/Ha-Long-Bay-one-day-trip.htm>)

ejemplos de elementos kársticos superficiales son ejemplo de atracción turística a nivel mundial, como el Torrent de Paréís (Fig. 3) un cañón kárstico que todos los veranos acoge, además de cientos de miles de turistas, un concierto debido a la gran acústica que ofrecen las paredes verticales del mismo.

Otros paisajes kársticos espectaculares y conocidos de nuestro planeta que se corresponden con re-



Fig. 6. Los montículos kársticos del sur de China (provincias de Guangxi, Guizhou y Yunnan) están declarados Patrimonio Mundial por la UNESCO desde 2007 (RC Entertainment World, 2016).

giones kársticas superficiales son la bahía de Ha Long en Vietnam (Fig. 4), las Torres del río Li o los montículos de las regiones de Guangxi, Guizhou, y Yunnan en China (Fig. 5), los megalapiaces de Madagascar, el exokarst de Eslovenia o el Parque Nacional de Gunung Mulu a 100 km de la ciudad de Mir, Sarawak, en la isla de Borneo (Durán y Robledo, 2002).

Hay que destacar, que la mayoría de estos espacios están protegidos bajo alguna figura legislativa nacional o internacional. Por ello, en la tabla I se ha introducido una nueva categoría en la relación sociedad y karst, como es la existencia de los Espacios Naturales Protegidos (López *et al.*, 2012). El auge de esta iniciativa ha llevado a implementar figuras internacionales de gran trascendencia como los Geoparques, estableciendo incluso una red mundial (*UNESCO-Geopark*) y otra europea (*European Geoparks*) (UNESCO, 2004 y 2008; García-Cortés, 2008). No obstante, las exigencias de algunos organismos internacionales como la UNESCO pasan porque la administración competente asegure el desarrollo sostenible del lugar y una serie de requisitos que hagan que dicho medio cumpla unos mínimos exigidos (Carcavilla *et al.*, 2007; Hardwick y Gunn, 1996).

CONCLUSIONES

La relación entre el uso, el aprovechamiento del karst superficial y subterráneo, y el ser humano, viene determinado por el gran potencial que tienen estos ambientes para la diversificación de actividades. Las cavidades se muestran como los elementos del karst más versátiles e interesantes para las civilizaciones, por lo que el número de usos y su frecuencia es mayor. No obstante, la relación entre los medios kársticos superficiales y las figuras de protección de las diferentes legislaciones, regional, nacional o internacional, ha potenciado que sean actualmente zonas con un alto valor y compromiso por parte de la sociedad.

La intensa explotación, en cualquiera de los usos, del karst superficial o exokarst ha llevado a algunas zonas a degradar considerablemente el contenido y el continente, por lo que es preceptivo entender la importancia de acompañar la explotación con medidas y programas de control, protección y conservación, siempre cohabitando con la posibilidad de que puedan ser aprovechados.

BIBLIOGRAFÍA

Arribas, A. y Jordá, J.F. (1999). Los mamíferos del Cuaternario kárstico de Guadalajara (Castilla-La Mancha, España). En: Aguirre, E. y Rábano, I. (Eds.). *La Huella del Pasado. Fósiles de Castilla-La Mancha, Patrimonio Histórico*. Arqueología Castilla-La Mancha, 327-353.

Aubrey, H. L. (1974). *Yellowstone National Park, its Exploration and Establishment*. U.S. Department of the Interior, National Park Service (Ed). Washington, 218 p.

Calaforra, J.M., Forti, P., Gázquez, F. y Sanna, L. (2012). La gradazione dei cristalli di gesso nella Cueva de las Espadas (Naica, Messico): Un classico esempio del controllo della sobrasaturazione sui process di nucleazione. *Congresso Italiano di Speleologia*, (Trieste, 2011).

- Carcavilla, L., López-Martínez J. y Durán, J.J. (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. IGME. *Serie Cuadernos del Museo Geominero*, 7, 360 p.
- Carcavilla, L., Belmonte, A., Durán, J.J. e Hilario, A. (2011). Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Revista de enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.1, 81-94.
- Cost 65 (1995). *Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas*. COST Action 65. European Commission DG-XII. EUR 16526.
- Del Rosal, Y., Liñán, C., Sanchidrián, J.L. y Carrasco Cantos, F. (2014). Recuperación del paisaje subterráneo en la Cueva de Nerja (Málaga, Andalucía). En: Calaforra y Durán (Eds.): Iberoamérica Subterránea. *I Congreso Iberoamericano y V Congreso Español de Cuevas Turísticas*, 139-148.
- Drew, D. y Hotzl, H. (1999). *Karst hydrogeology and human activities*. Balkema, 322 p.
- Durán, J.J. (Coord.). (2006). *Guía de las cuevas turísticas españolas*. Asociación de Cuevas turísticas Españolas e Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 104 p.
- Durán, J.J., Barea, J., López, J., Rivas, A y Robledo, P.A. (2007). Panorámica del karst en España. En: *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 12, 376-384.
- Durán, J.J. y Robledo, P.A. (2002). Karst y Patrimonio Natural. In: Carrasco, F., Durán, J.J. y Andreo, B. (Eds.). *Karst and Environment*. Fundación Cueva de Nerja, Málaga, 261-266.
- Ford, D.C. y Williams, P.W (Eds.). (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin and Hyman. Londres, 601 p.
- García Cortés, A. (Ed.) (2008). *Contextos Geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 235 p.
- Ginés, J., Fornós, J., Trias, M., Ginés, A y Santandreu, G. (2007). Els fenòmens endocàrstics de la zona de can'olesa: la Cova de s'Ònix i altres cavitats veïnes (Manacor, Mallorca). *Endins*, 31, 5-31.
- Gràcia, F. (2016). *Les cavitats subaquàtiques de les zones costaneres del Llevant i Migjorn de Mallorca*. Tesis Doctoral. Universidad de les Illes Balears, 276 p.
- Hardwick, P. y Gunn, J. (1996). The conservation of Britain's limestone cave resource. *Environmental Geology*, 28, 121-127.
- Haug, G., Günter, D., Larry, M., Sigman, D., Hughen, K. y Aschilmann, B. (2003). Climate and the Collapse of Maya Civilization. *Science*, 299, 5613, 1731-1735
- Liñán Baena, C., del Rosal Padial, y Carrasco Cantos, F. (2014). Control de parámetros ambientales en el sector no habitado de una cueva turística: la Cueva de Nerja (Málaga, España). En: Calaforra y Durán (Eds.). Iberoamérica subterránea. *Actas del I Congreso Iberoamericano y V Congreso español sobre cuevas turísticas*, 229-238.
- López, J. y Durán, J.J. (1989). Usos y aprovechamientos del karst en España. *El karst en España*. Monografía 4, S:E:G. J.J. Durán y J. López-Martínez (Eds). Madrid, 391-402.
- López, J., Durán, J.J., Carcavilla, L. y Robledo P.A. (2012). Protected karst areas and show caves in Spain: geological heritage, conservation and socioeconomics implications. En: J. Remondo, J. Bonachea and Bruschi, V. *From environmental geology to global geomorphic change. Scientific Symposium in honor of Prof Antonio Cendrero*. Santander, September 21th.
- Lyles, J.T., y Donald, G.D. (2016). A brief history of exploration in the Lechuguilla cave, New Mexico, USA. *Boletín Geológico y Minero de España*. 127.1, 111-130.
- Martel, E. A. (1896): *Sous Terre*. Cueva del Drach, a Majorque. *Annuaire Club Alpine Frances*, 23, 1-32.
- Nava Blank., A. (2011). Hoyo Negro, AMECS *Activities Newsletter*, 34, 53-58.
- Pardo, E. y Robledo, P.A (2016). Cuevas kársticas y no kársticas: del subsuelo terráqueo a las cavidades extraterrestres. *Revista de enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24.1, 35-41.
- Ramos, J. (1998). La ocupación prehistórica de los medios kársticos de montaña en Andalucía. *Karst en Andalucía*. En: J. J. Durán y J. López Martínez (Eds.). Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 63-84.
- Ribas, A., Cabezas, J., Carrasco, F., Durán, J.J. y González-Ríos, M. (2004). Las cuevas turísticas españolas: un recurso natural de gran interés ecológico, económico y social. En: *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas, 12, 376-384.
- Robledo P.A. Durán, J.J. y Mateos R. (2009). Las cuevas de Mallorca como parte del patrimonio geológico y natural de las Islas Baleares. Hacia una ordenación turística sostenible: En: J.J. Durán y J. López, y (Eds). *Cuevas Turísticas, Cuevas Vivas*. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas. Madrid, 305-317.
- Robledo, P.A. y Durán, J.J. (2010). Evolución del turismo subterráneo en las Islas Baleares y su papel en el modelo turístico. En: J.J. Durán, y F. Carrasco, (Eds). *Cuevas: patrimonio, naturaleza, cultura y turismo*. Madrid. España Asociación de Cuevas Turísticas Españolas, 305-323.
- Robledo P.A. y Durán, J.J. (2011). Geoturismo y cavidades: perspectiva en las Islas Baleares, España. *ANAIIS do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia*. Ponta Grossa-PR, 21-24 de julho de 2011 – Sociedade Brasileira de Espeleologia.
- Robledo, P.A. (2013). Estudio científico-técnico del sector oeste de las minas de Galdent, Lluçmajor, Mallorca. Informe técnico inédito. Instituto Geológico y Minero de España, 65 p.
- UNESCO. (2004). *Network of National Geoparks seeking UNESCO's assistance*. (Unpublished report), París.
- UNESCO. (2008). *Global network of national Geoparks*. (Unpublished report). www.unesco.org/science/earth/geoparks.shtml. París. 2008
- Williams, P. (2008). *World Heritage Caves and Karst. A thematic Study*. IUCN Report, 34 p. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 1 de octubre de 2015 y aceptado definitivamente para su publicación el 15 de enero de 2016