# HALLAZGO DE UNA CAVIDAD HIDROLÓGICAMENTE ACTIVA EN EL CAUCE DE UN BARRANCO EN ARENISCA DE JAIZKIBEL

Discovery of a hydrological active cavity in the bed of a ravine in Jaizkibel sandstone.



# HALLAZGO DE UNA CAVIDAD HIDROLÓGICAMENTE ACTIVA EN EL CAUCE DE UN BARRANCO EN ARENISCA DE JAIZKIBEL.

Discovery of a hydrological active cavity in the bed of a ravine in Jaizkibel sandstone.

Carlos GALÁN, José M. RIVAS & Marian NIETO. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain. E-mail: cegalham@yahoo.es Marzo 2018.

#### RESUMEN

El flanco Norte de Jaizkibel posee zonas donde los estratos de arenisca de edad Eoceno del flysch litoral (Formación Jaizkibel) están karstificados y presentan gran número de cavidades, formadas fundamentalmente por procesos de disolución intergranular y piping. No obstante, la mayoría de ellas son cuevas secas, localizadas en escarpes, acantilados y entre bloques de recubrimiento. Las prospecciones en el cauce de un barranco permitieron descubrir una cavidad-sumidero, donde las aguas de un arroyo caen en cascada y se sumen en el fondo de una depresión con bloques. Tras un trayecto subterráneo de 100 m, reaparecen de nuevo en superficie. El río subterráneo forma una cueva, con galerías entre bloques y playas de arena, aunque partes del recorrido son sifones o siguen conductos de débil diámetro. La cueva resulta interesante por poseer espeleotemas de distinto tipo (principalmente de ópalo-A) y fauna cavernícola, aspectos que son descritos en esta breve nota.

Palabras clave: Karst en arenisca, Biología Subterránea, Fauna cavernícola, Ecología, Espeleología Física, Espeleotemas.

#### ABSTRACT

The northern flank of Jaizkibel has areas where the sandstone strata of Eocene age of the coastal flysch (Jaizkibel Formation) are karstified and have a large number of cavities formed mainly by processes of intergranular dissolution and piping. However, most of them are dry caves, located on escarpments, cliffs and between covering blocks. Surveys in the bed of a ravine allowed to discover a cavity-sink, where the waters of a stream fall in cascade and are sinked in the bottom of a depression with blocks. After an underground passage of 100 m, they reappear again on the surface. The underground river forms a cave, with galleries between blocks and sandy beaches, although parts of the route are siphons or follow pipes of weak diameter. The cavity is interesting to have speleothems of different types (mainly opal-A) and cave fauna, aspects that are described in this brief note.

Keywords: Karst in sandstone, Subterranean Biology, Cave fauna, Ecology, Physical Speleology, Speleothems.

## INTRODUCCION

La Formación Jaizkibel está constituida por una espesa secuencia de turbiditas abisales, de edad Eoceno, la cual alterna estratos gruesos de arenisca carbonática con otros delgados de lutitas y margas. En las zonas donde los estratos de arenisca alcanzan mayor espesor se producen procesos de karstificación, por disolución intergranular de las areniscas, lo cual genera gran número de cavidades y geoformas, a distintas escalas (Figuras 1 y 2). La mayor cavidad explorada tiene -70 m de desnivel y 258 m de desarrollo, siendo parte de un sistema mayor, que alcanza 400 m de desarrollo y -120 m de desnivel (Sistema Tanbo 2; in: Galán et al, 2013). Pero en su mayoría se trata de cuevas secas, de modestas dimensiones, donde son frecuentes muy diversas geoformas y mucho más raras las espeleotemas. En cambio, las cuevas con actividad hídrica y atmósfera húmeda son más escasas y en ellas se presenta una mayor profusión y diversidad de espeleotemas, así como también de fauna cavernícola. En adición, en la zona litoral hay cuevas con biocenosis singulares que incluyen especies marinas, dulceacuícolas y terrestres.

Prospecciones de barrancos en la parte central de Jaizkibel condujeron al hallazgo de una cavidad activa, donde todo el caudal del río cae en cascada en una depresión y desaparece en un sumidero. El talweg en superficie sigue seco, hasta una surgencia situada 100 m más abajo. En este trayecto hay tramos que forman una cueva desarrollada bajo bloques y en la roca-caja, con trechos recorridos por el río subterráneo. La cavidad nos pareció de interés por poseer diversos tipos de espeleotemas de pequeña talla y una abundante y variada representación de animales cavernícolas, principalmente de arácnidos y crustáceos. En salidas sucesivas muestreamos detalladamente la cavidad. Su estudio en laboratorio aportó los resultados que presentamos en esta nota.

#### MATERIAL Y METODOS

En la exploración de la cavidad se utilizaron frontales con iluminación de Leds y material topográfico Suunto (brújula, clinómetro) y cinta métrica. Se realizaron observaciones in situ y se colectaron muestras de espeleotemas y de invertebrados cavernícolas. Fue colectada fauna acuática mediante el empleo de mallas de plankton. Las muestras biológicas fueron fijadas en alcohol 70°, y tanto estas como las espeleotemas fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon (hasta distintos niveles taxonómicos). Se tomaron fotografías a color (con una cámara digital Canon) a fin de ilustrar los principales rasgos de la cavidad.

# RESULTADOS

La cavidad se localiza en el curso bajo de la erreka Martitxene, a 650 m al SSE de la Punta Bioznar, en el término municipal de Hondarribia. Sus coordenadas ETRS89, UTM 30N son: E 593.573; N 4.803.062; altitud: 15 m snm.

La erreka (o arroyo) Martitxene drena una cuenca relativamente amplia (de 86 ha), que se extiende 2 km desde la parte alta de Jaizkibel (cota 380 m) para desaguar directamente al mar. Su caudal es perenne y en épocas de lluvia lleva bastante agua. Su caudal medio anual es del orden de 15 l/s. En su curso bajo, tras formar una cascada de 6 m de desnivel, penetra en una depresión, con grandes bloques, en cuya base se sume todo el caudal (Figuras 3 y 4). El sumidero es impracticable por estrecho. A lo largo de 100 m forma un río subterráneo, que emerge en forma difusa en el subálveo del cauce, ya cerca de la línea de costa. En este trayecto puede accederse a tramos secos entre bloques sobre el curso subterráneo y a una cueva penetrable. La cueva alterna ampliaciones con pasos estrechos y tramos sifonantes.

La boca, descendente, tras un paso de techo bajo da acceso a una galería en oscuridad de 3-4 m de diámetro y 12 m de largo, techada por grandes bloques, y prosigue a través de trayectos estrechos que penetran en la roca-caja. Las paredes y techos son de roca arenisca, bien de grandes bloques o bien de la propia roca-caja, que el río ha excavado lateralmente en su margen izquierda entre la cascada y la boca de acceso a la cueva. El cauce posee rellenos de arena que forman playas en distintos puntos. El tramo inferior finaliza en un laminador inundado e impenetrable. La cavidad posee pequeñas galerías laterales que conforman mesocavernas. La cueva se extiende en sentido Norte-Sur 25 m, y contando sus laterales totaliza 40 m de desarrollo y -7 m de desnivel (Figuras 5 á 16). La continuación inferior del cauce subterráneo es una circulación en subálveo, bajo bloques menores y cobertura vegetal, entre los cuales circula el agua hasta la surgencia a través de conductos impenetrables, de débil diámetro.

Las prospecciones biológicas fueron efectuadas en febrero y marzo de 2018, en los sectores más amplios de las galerías, en zona oscura. Sobre paredes y bóvedas son abundantes los isópodos terrestres *Oniscus asellus* Linné (Oniscidae) y numerosos arácnidos (Figuras 6, 9-11, y 15), entre ellos araneidos *Meta menardi* Scopoli y *Meta merianae* Latreille (Argiopidae), *Chorizomma subterranea* Simon y *Tegenaria inermis* Simon (Agelenidae), y opiliones *Gyas titanus* Simon (Sclerosomatidae), especies estas frecuentes en cuevas de los karst en caliza de la región vasca. En menor proporción encontramos tysanuros Zygentoma *Lepisma saccarina* Linnaeus (Lepismatidae), coleópteros predadores *Ocypus olens* (O. Müller) (Staphylinidae), y varios ejemplares de otro isópodo: *Sphaeroma serratum* (Fabricius) (Sphaeromatidae); especie de origen marino propia de la zona intramareal, rocosa, donde habita bajo piedras, habiéndose encontrado anteriormente en cuevas del litoral de Jaizkibel. Seguramente ha colonizado la cavidad a partir de la línea de costa. Otro hecho interesante fue el hallazgo de ejemplares de una araña verde: *Araniella cucurbitina* (Clerck) (Araneidae), no reportada previamente para el hábitat hipógeo. Se trata de una araña cazadora epígea de pequeña talla (4-6 mm), con el prosoma amarillento y el opistosoma verde, que construye telas de caza a baja altura entre la vegetación arbustiva, siendo activa desde primavera hasta otoño; normalmente pasa el invierno escondida en huecos de los troncos de los árboles y no se alimenta hasta primavera. En este caso se puede apreciar que extiende su hábitat a cuevas durante la época invernal, donde construye telas y eventualmente encuentra presas ocasionales que también buscan refugio en la cavidad.

En el curso de agua subterráneo son abundantes los crustáceos acuáticos *Echinogammarus berilloni* Catta (Amphipoda: Gammaridae), forma troglófila, omnívora, de hábitos micrófagos. La microfauna acuática obtenida por filtrado incluye ejemplares indeterminados de crustáceos ostrácodos (Podocopida: Cypridae) y copépodos (Cyclopoida: Cyclopidae), de varias especies. En baja proporción encontramos otras especies acuáticas, que incluyen: anélidos hirudineos (Gnatobdellida: Herpobdellidae) y larvas acuáticas de insectos tricópteros y odonatos, todas ellas en bajo número en zonas de remanso.

La fauna terrestre incluye además algunos raros ejemplares de colémbolos (Isotomidae y Sminthuridae) y diplópodos (Iulidae), encontrados sobre restos de vegetales y madera muerta, procedentes del suelo superior o aportados por las crecidas. En la cavidad ingresan numerosos ejemplares de dípteros troglóxenos (Mycetophilidae, Phoridae, Culicidae), que, por su abundancia, están en la base de la red trófica que sostiene a la comunidad de araneidos predadores.

En conjunto, contabilizamos un total de al menos 23 taxa de invertebrados cavernícolas, en su mayoría troglófilos (17 especies). No habiéndose encontrado formas efectivamente troglobias. El ecosistema parece contener especies acuáticas propias de la fauna epígea del río, junto a formas poco especializadas frecuentes en las cuevas del país. Con las excepciones señaladas del isópodo *Sphaeroma serratum*, que ha colonizado la cueva a partir del litoral, y el raro caso de la araña epígea *A. cucurbitina*. En adición, en zonas de penumbra próximas a la boca existen tapices diversos de algas y cianobacterias, y de bacterias en zona oscura.



Figura 01. Litoral en la parte central de Jaizkibel, con secuencias de estratos gruesos de arenisca, donde se localizan numerosas cavidades, y arroyos que desaguan directamente al mar.



Figura 02. Sectores con estratos gruesos de arenisca, donde se localizan muy diversas cavidades con geoformas.



Figura 03. El arroyo Martitxene se precipita en una depresión formando una cascada de 6 m de desnivel. El caudal de agua se sume entre bloques en su fondo formando un río subterráneo.



Figura 04. Las aguas se infiltran bajo tierra a través de pequeños conductos y reaparecen en el cauce en una zona de surgencia localizada 100 m más abajo, formando una cavidad que recorren las aguas subterráneas.



Figura 05. Río subterráneo en la cavidad, con grandes depósitos de arena y playas a lo largo del cauce.



Figura 06. En las bóvedas y paredes de las galerías son abundantes los isópodos terrestres y diversas especies de arañas. Las aguas de infiltración percolan a través de la arenisca y forman pequeñas espeleotemas tubulares de ópalo-A y recubrimientos milimétricos de silicatos de aluminio y otros minerales secundarios.



Figura 07. Galería principal de la cavidad y detalle de espeleotemas de ópalo-A, las mayores de 2 cm de largo. Poseen formas tubulares y excéntricas, con colores grises, blancos y morados, influidos por la presencia de tapices bacteriales. Se observa también algunos recubrimientos blancos de silicatos de Al, yeso y calcita.



Figura 08. Playas de arena en la galería del río y tapices bacteriales sobre las paredes (imagen superior). Detalle de espeleotemas tubulares de ópalo-A (algunas de ellas con sobrecrecimientos de yeso), films de silicatos de aluminio amorfo y de oxi-hidróxidos de hierro (imagen inferior).

Las aguas de infiltración que percolan a través de la arenisca hacia la galería del río dan origen a espeleotemas, mientras que en los suelos son abundantes los depósitos de arena, tanto en el cauce como en laterales secos. Lo que prueba la ocurrencia de disolución intergranular de la roca-caja y precipitación de minerales secundarios a partir de las sustancias disueltas.

Entre las espeleotemas hemos encontrado: pequeñas formas tubulares y botroidales de ópalo-A (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O, óxido de silicio hidratado), geles negros y rojizos de óxidos e hidróxidos de Fe y Mn (que incluyen goethita, hematita, magnetita), recubrimientos milimétricos extensos de color blanco de silicatos de aluminio amorfo (alófano), y recubrimientos menores de cristales de yeso y costras de calcita (Figuras 6-10 y 12-15).

La mayoría de las espeleotemas tiene un origen biogénico (su cristalización ha sido mediada o influida por actividad bacterial en soluciones multicomponentes), particularmente las de ópalo-A y silicatos de Al, pero ello prueba ampliamente que ocurre disolución intergranular de los granos de cuarzo y de pequeñas cantidades de feldespatos y micas contenidos en la arenisca, además de la disolución del cemento carbonático (Galán et al, 2009; Galán, 2012, 2013). La desagregación de la roca (proceso de arenización) y su transporte por piping genera rellenos espesos de arena fina que forman depósitos en suelos y playas en el cauce subterráneo.

Las espeleotemas predominantes de ópalo-A alcanzan desde unos pocos milímetros a algo más de 2 cm y generalmente se encuentran en aristas y salientes bien ventilados de las bóvedas. Su coloración puede variar de blanco grisáceo a marrón y a tonos morados, en este último caso debido a la existencia de films bacteriales. Pueden formar tubos rectos o tortuosos, con terminaciones apicales redondeadas o puntiagudas, y con formas desde lisas a bulbosas y digitiformes (Figuras 7-14). Observaciones al microscopio muestran que también pueden presentar micro-crecimientos botroidales y aciculares de yeso, en la terminación distal y/o en partes de su superficie. Su estructura interna no posee un canal central pero muestra capas sucesivas de acreción.

Análisis por espectroscopía Raman y espectroscopía por dispersión de energía (EDS) de muestras de espeleotemas similares de otras cuevas de Jaizkibel (Galán & Vera Martin, 2010a, 2010b, 2011) han detectado trazas de muchos otros elementos químicos, tales como: azufre, bario, potasio, sodio y titanio. Las aguas que circulan intergranularmente en la arenisca poseen así soluciones multicomponentes, cuya reactividad química puede a su vez dar origen a procesos de convección y precipitación rítmica en el interior de la roca, formando patrones de material recementado por silicificaciones locales y bandeados rítmicos de óxidos de hierro y aluminio (Galán, 2012). Su posterior retrabajado en la parte interna de las cavidades y abrigos da origen a boxworks, formas cordadas y formas alveolares de distintos tipos, así como a láminas envolventes en cannonballs y otras concreciones.

En trabajos previos sobre espeleotemas similares de ópalo-A (Galán et al, 2010a, 2010b; Galán & Vera Martin, 2011), halladas en otra cueva hidrológicamente activa de Jaizkibel (Jk-07, Green Cave), encontramos múltiples formas que contienen tanto ópalo-A como yeso, tratándose a menudo de formas compuestas donde la base y parte interna de la espeleotema es de ópalo y la terminación distal de yeso, con proporciones variables en las distantes muestras, y ocupando los cristales aciculares de yeso la parte más ventilada externa. Las agujas de yeso, vistas al microscopio, muestran que no nacen a partir de la roca-caja sino de una base silícea de la espeleotema, indicando así que la cristalización del sulfato de calcio se produce a partir de soluciones ajenas al sustrato silíceo sobre los cuales se desarrolla.

Las espeleotemas de ópalo-A son conocidas de cuevas en distintas litologías: arenisca silícea y carbonática, cuarcita y granito (Bayles, 1935; Galán, 2012; Urbani, 1980; Vidal Romaní & Vilaplana, 1984; entre otros). En muchos casos la deposición de ópalo es atribuida a actividad biogénica, habiéndose documentado bajo SEM la presencia de numerosas estructuras orgánicas, usualmente en forma de filamentos en torno a los cuales precipita el ópalo (Urbani, 1996; Urbani et al., 2005; Urbani & Carreño, 2008). En nuestro caso, la cavidad estudiada muestra múltiples evidencias de crecimientos de tapices de bacterias (Figuras 8 á 10), lo que sugiere la intervención de factores biogénicos en la génesis de las espeleotemas.

## **DISCUSION Y CONCLUSIONES**

Para espeleotemas compuestas de ópalo-A y yeso ha sido propuesta una hipótesis genética general en la que los cristales aciculares de yeso crecen a partir de un sustrato poroso de ópalo, en varias fases. En una primera fase la disolución de la roca-caja resulta en la movilización de la sílice y otros elementos químicos. El ataque químico resulta ampliado por actividad biogénica y se forma una espeleotema porosa de ópalo-A. Una subsiguiente fase de re-solución rellena la matriz porosa por nueva precipitación de ópalo, transformando las columnas porosas en cuerpos compactos por acreción de capas sucesivas de ópalo. La riqueza de geles de sílice en este ambiente permite que los microorganismos vivan en la espeleotema. La disminución del aporte de agua intersticial y la desecación causan una precipitación masiva de ópalo y la muerte o el enquistamiento de los microorganismos. En una tercera fase cíclica, la circulación intersticial y evaporación de las aguas permite la concentración por evaporación de los geles de sílice con las últimas gotas localizadas en la superficie o en la extremidad de la espeleotema. Es en estos puntos donde se produce el crecimiento y cristalización de minerales de baja energía de cristalización, tales como el yeso, a partir de elementos químicos contenidos en muy bajas concentraciones en la sílice coloidal (Vidal Romaní & Vilaplana, 1984; Vidal Romaní et al, 2003). Los constituyentes del yeso pueden proceder de oxidación bacterial de materia orgánica, causando que el sulfato se combine con el calcio derivado del cemento carbonático disuelto y/o de micas. El S, por su parte, puede ser también generado directamente por la actividad biológica de los propios microorganismos.



Figura 09. Colectando fauna en el río subterráneo, donde son abundantes los anfípodos troglófilos Echinogammarus berilloni.



Figura 10. Colecta de artrópodos terrestres sobre paredes y bóvedas con recubrimientos de espeleotemas.



Figura 11. Diversos especies de araneidos e isópodos terrestres.



Figura 12. Crecimientos de espeleotemas tubulares y excéntricas de ópalo-A en áreas ventiladas.



Figura 13. Diversos tramos de la galería del río con espeleotemas en sus paredes y bóvedas. Principalmente formas tubulares y botroidales de ópalo-A y recubrimientos blancos de alófano.



Figura 14. Espeleotemas botroidales de ópalo-A y diversidad de coloraciones debidas a films de alófano, oxi-hidróxidos de hierro, yeso y calcita.



Figura 15. Detalles de isópodos terrestres y araneidos, con pequeñas telas de caza. Se puede apreciar también superficies de roca alterada por la emergencia de las aguas intergranulares y coloraciones debidas a soluciones de oxi-hidróxidos de hierro y otros componentes.



Figura 16. El río subterráneo circula bajo grandes bloques y entre estratos de la roca-caja de arenisca que ha excavado en su margen izquierda, presentando galerías laterales secas y mesocavernas.

Vidal Romaní & Vagueiro (2007) y Vidal Romaní et al (2010) precisan que en las fases iniciales la formación de ópalo-A en cuevas en granito necesita la disolución de Si, la cual es muy baja en los rangos de pH de las aguas típicas de estos terrenos. No obstante, los silicatos y otras rocas con alto contenido en Si son fácilmente atacados y sus iones movilizados por alteración bioquímica debida a la actividad bacterial. La disolución por la habilidad quelante de ácidos orgánicos de bajo peso molecular (principalmente oxalatos) es determinante en la alteración bioquímica. Incluso se produce un incremento de la solubilidad del cuarzo cristalino. También, los microorganismos son capaces de producir sulfatos por oxidación de la materia orgánica. La formación de cristales de yeso, asociada con las fases finales de crecimiento de las espeleotemas de ópalo, es debida a la combinación de SO<sub>2</sub> de origen orgánico con el Ca y manifiesta un cambio en el pH del agua que circula a través de la espeleotema, desde condiciones ácidas en las primeras etapas (pH en torno a 5) a alcalinas (pH en torno a 10) en la etapa final. Este cambio coincide con un decrecimiento en las contribuciones del agua de infiltración (final de períodos lluviosos e incremento de la evaporación) y con un decrecimiento de la actividad microbial. La precipitación de sílice desde el agua que circula a través de la espeleotema es debida así a dos efectos que se combinan: la sobresaturación química por evaporación, que acarrea cambios a condiciones alcalinas, y cambios de pH biológicamente inducidos, que producen una precipitación pasiva de sílice incluso sobre los mismos organismos o que permite que estos lo incorporen a su propia estructura orgánica. El resultado es el crecimiento de espeleotemas de ópalo-A, de origen biogénico, que en su última fase de desarrollo incorporan S de origen orgánico el cual es combinado con el Ca desarrollando crecimientos de monocristales de yeso.

Subsecuentes fases húmedas inducen (de modo cíclico) sucesivas fases de re-disolución del yeso, en las cuales éste puede ser completamente removido, y el ópalo re-precipitado, con acreción en capas. La diversidad morfológica de estas espeleotemas es considerable y pueden ocurrir formas tubulares, coraloides y excéntricas, debido a movimientos de capilaridad de las soluciones acuosas a través de la masa porosa del ópalo. Esta característica es exclusiva de las mineralogías de ópalo-A.

Es interesante destacar que en el granito el agua se infiltra a través de discontinuidades de la roca-caja (fracturas, diaclasas, planos de estratificación), mientras que en la arenisca y cuarcita puede progresar intergranularmente, disolviendo a su paso el cemento que une los granos individuales de cuarzo. En la arenisca de la Formación Jaizkibel el cemento carbonático es fácilmente removido de este modo, generando una multiplicidad de cavidades y geoformas. A su vez, la formación de espeleotemas de ópalo prueba que no sólo el cemento sino también el cuarzo, y otros componentes minoritarios como feldespatos y micas, resultan parcialmente disueltos. Las aguas que circulan intergranularmente en la arenisca poseen así soluciones multicomponentes, donde están presentes no sólo sílice y carbonatos, sino también Fe, Al y muchos otros elementos (K, Na, Ba, Ti, Mg, Ca) en menores proporciones, así como C y S debidos a la actividad orgánica que se desarrolla en el sistema de vacíos.

Como resultado de ello en el interior de las cavidades pueden formarse muy diversos espeleotemas: de silicatos amorfos de AI, óxidos e hidróxidos de Fe, ópalo-A, calcita y yeso. Y probablemente otras combinaciones que permanecen por estudiar. La disolución de la arenisca en el pseudokarst de Jaizkibel resulta así un proceso multicomponente en su química y mineralogía. Cuyo corolario es la formación de un notable conjunto de cavidades, espeleotemas y geoformas.

La biota de superficie encuentra en estas cuevas un nuevo hábitat disponible, donde especies de distintos grupos zoológicos, capaces de desenvolverse en medios húmedos y oscuros, inician la colonización del hábitat hipógeo dando lugar a biocenosis de complejidad creciente. En condiciones favorables algunos taxa evolucionan diferenciando especies troglomorfas o con mayores habilidades para lidiar con los factores tróficos y ambientales que poseen estas cuevas. La Naturaleza opera y muestra su vitalidad de múltiples formas, generando ecosistemas subterráneos con características propias en cada litología y región geográfica.

En esta cavidad en arenisca, la trama trófica recibe aportes del medio epígeo (fauna acuática del río e ingreso de troglóxenos, particularmente dípteros) pero también de poblaciones bacteriales. Nuevos colonizadores se suman a los establecidos y exhiben rasgos troglófilos. Algunos de ellos se presentan también en cuevas en caliza de la región vasca, y poseen pre-adaptaciones adquiridas en cuevas y medios crípticos o transicionales, como en el caso de muchos isópodos terrestres, arácnidos, diplópodos y colémbolos. También puede ingresar una fauna, variablemente cavernícola, procedente de cavidades del litoral marino, o de otros hábitats que sirven de refugio estacional a invertebrados epígeos en alguna fase de su ciclo de vida.

Estas cavidades en arenisca muestran así que en el interior del volumen de roca se producen procesos de karstificación, con sistemas de cavidades a distintas escalas, circulaciones hídricas subterráneas, formación de espeleotemas y establecimiento de biocenosis cavernícolas, con características distintivas.

# AGRADECIMIENTOS

A los miembros de la S.C. Aranzadi (SCA) Laura Núñez, Daniel Arrieta y Ainhoa Miner, por su ayuda en los trabajos de campo. A Carolina Vera Martin y al Departamento de Biomateriales y Nanotecnología de Inasmet-Tecnalia, por su valiosa ayuda en la analítica de espeleotemas. A Juan Ramón Vidal Romaní, del Instituto de Geología de la Universidad de A Coruña, por indicarnos la afinidad con algunas espeleotemas halladas en granito y por hacernos llegar bibliografía al respecto. A Franco Urbani (Sociedad Venezolana de Espeleología), por su esclarecedora orientación y aportes críticos. A dos revisores anónimos del IVIC (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas) y SCA por la revisión del manuscrito y sus útiles sugerencias.

#### **BIBLIOGRAFIA**

Bayles, R. 1935. Opal stalactites in sandstone. IX. Univ. Bull. West Virginia. Ser. 36 (13): 82.

- Galán, C. 2012. Pseudokarst en arenisca de la Formación Jaizkibel (flysch Eoceno de Gipuzkoa): cavidades, geoformas, espeleotemas, paramoudras, fauna cavernícola. Conferencia dictada en San Sebastián el 22-11-2012 para la Exposición sobre el Flysch de la Costa Vasca (Fundación Luberri & CPIE-Littoral de la Côte Basque). Audiovisual Power point. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 75 pp.
- Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia audiovisual Power point, Ayto. Hondarribia, Fundación Luberri. 10-5-2013. 80 láminas. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 80 pp.
- Galán, C. & C. Vera Martin. 2010 a. Espeleotemas de cuarzo y silicatos de hierro y aluminio, en una cueva hidrológicamente activa en arenisca de Jaizkibel: Descripción general de la cavidad y caracterización por espectroscopía Raman y difracción de rayos X (DRX). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 12 pp.
- Galán, C. & C. Vera Martin. 2010 b. Espeleotemas de magnetita, hematita, yeso, ópalo-A, y otros minerales secundarios en una cueva del pseudokarst de Jaizkibel: Caracterización por espectroscopía Raman, difracción de rayos X (DRX) y espectrometría por dispersión de energía (EDS). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 16 pp.
- Galán, C. & C. Vera Martin. 2011. Microanálisis por dispersión de energía XPS de espeleotemas de yeso y ópalo-A en una cueva en arenisca de Jaizkibel (País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 pp.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2009. Formes pseudokarstiques dans le grès du flysch éocène côtier en Guipúzcoa (Pays basque espagnol). Karstologia, Assoc. Franc. Karstol. & Fed. Franc. Spéléol., 53: 27-40.
- Galán, C.; M. Nieto; O. Zubizarreta & C.Vera Martin. 2010. Nuevos datos sobre vermiculaciones arcillosas y espeleotemas de ópalo-A, hematita y yeso, en cuevas en arenisca del pseudokarst de Jaizkibel. Pag web Cota0.com + Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 15 pp.
- Galán, C.; I. Herraiz; D. Arrieta Etxabe; M. Nieto & J. Rivas. 2013. Una nueva sima de 70 m de desnivel en arenisca de la Fomación Jaizkibel: Tanbo 2. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Urbani, F. 1980 Lista de minerales secundarios encontrados en cuevas de Venezuela. El Guácharo, SVE, 21: 44.
- Urbani, F. 1996. Venezuelan cave minerals: a review. Bol. Soc. Venezol. Espeleol., 30: 1-13.
- Urbani, F. & R. Carreño. 2008. Espeleotemas de aluminio nativo y yeso asociado a ópalo en cuevas de cuarcitas en Venezuela. Resúmenes VIII Jornadas Venezol. Espeleol.: Ponencias. Bol. Soc. Venezol. Espeleol., 42: 62.
- Urbani, F.; P. Compère & L. Willems. 2005. Opal-A speleothems of Wei-Assipu-tepui, Roraima Province, Brazil. Bol. Soc.Venezol. Espeleol., 39: 21-26.
- Vidal Romaní, J.R. & J.M. Vilaplana. 1984. Datos preliminares para el estudio de espeleotemas en cavidades graníticas. Colegio Univ. A Coruña & Depart. Geología i Tectonica Univ. Barcelona. Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe, 7: 305-324.
- Vidal Romaní, J.R. & M. Vaqueiro. 2007. Types of granite cavities and associated speleothems: genesis and evolution. Nature Conservation 63: 41-46.
- Vidal Romaní, J.R.; Bourne, J.A.; Twidale, C.R. & E.M. Campbell. 2003. Siliceous cylindrical speleothems in granitoids in warm semiarid and humid climates. Zeitschrift für Geomorphologie 47-4, 417-437.
- Vidal Romaní, J.R.; J. Sanjurjo; M. Vaqueiro & D. Fernández Mosquera. 2010. Speleothem development and biological activity in granite cavities. Geomorphologie: relief, processus, environnement. 4: 17-26.