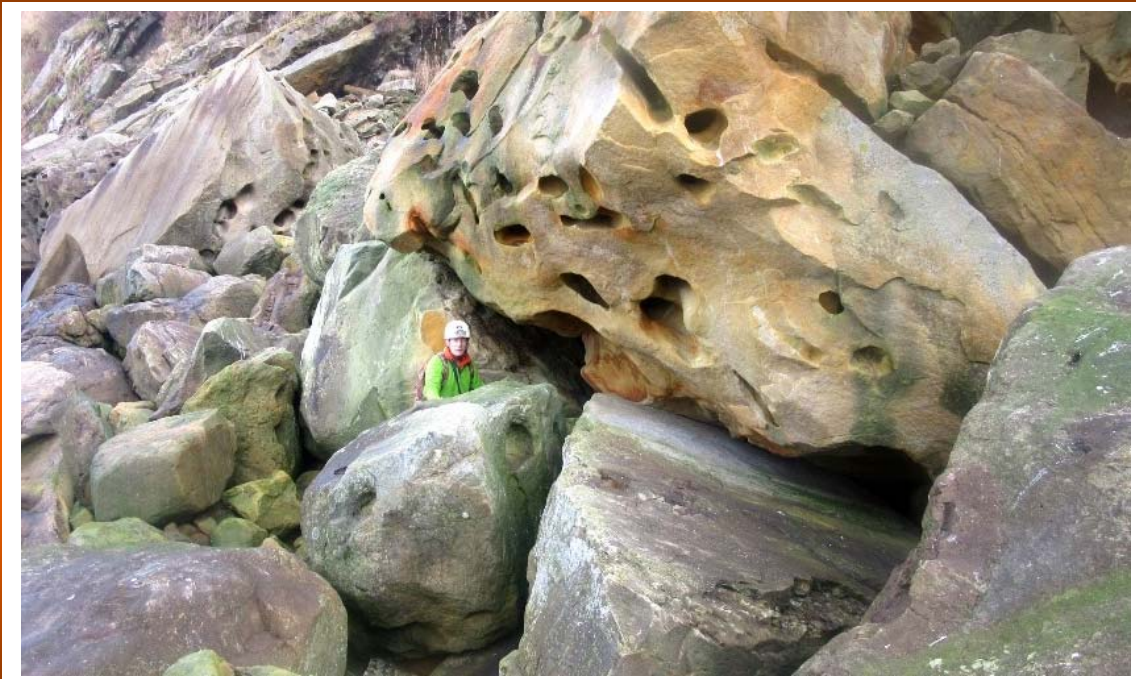


**NOTAS SOBRE CUEVAS EN ARENISCA EN LOS ACANTILADOS DE ARLAUTZ (ULÍA, PAÍS VASCO).**

Notes on sandstone caves in the cliffs of Arlantz (Ulía, Basque Country).



**Carlos GALÁN & Daniel ARRIETA.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

Febrero 2016.

# NOTAS SOBRE CUEVAS EN ARENISCA EN LOS ACANTILADOS DE ARLAUTZ (ULÍA, PAÍS VASCO).

Notes on sandstone caves in the cliffs of Arlautz (Ulía, Basque Country).

**Carlos GALÁN & Daniel ARRIETA.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.

E-mail: [cegalham@yahoo.es](mailto:cegalham@yahoo.es)

Febrero 2016.

## RESUMEN

El frente costero del monte Ulía posee numerosos entrantes y salientes, con puntas de roca y acantilados de más de 100 m de desnivel. Uno de ellos conforma la Punta de Arlautz, flanqueada por un escarpe de arenisca de 50 m de desnivel y una ladera de fuerte pendiente con vegetación enmarañada, que finaliza en una franja litoral con grandes bloques de colapso. Entre ellos se forman cuevas de recubrimiento. Pero hay además cavidades colgadas en cornisas del acantilado, a distintas alturas. Las rocas de la serie flysch, de edad Eoceno, alternan estratos gruesos de arenisca de cemento carbonático, con delgadas intercalaciones de lutitas. En las cuevas, abrigos y bloques de arenisca se encuentran espeleotemas y geoformas de estética llamativa, formadas por procesos kársticos. El relieve general es modelado por erosión marina. La disolución intergranular actúa sobre los estratos de arenisca, mientras que la erosión normal desgasta preferentemente las intercalaciones de lutitas. El resultado es una diversidad de formas kársticas poco conocida, que describimos en este trabajo. Se comenta y discute los factores que dificultan o facilitan la karstificación y espeleogénesis en esta litología.

*Palabras clave:* Espeleología física, Karst, Geomorfología, Cuevas en arenisca, Espeleotemas, Geoformas.

## ABSTRACT

The coastal front of Mount Ulía has many incoming and protruding, with peaks of rock and cliffs over 100 m of altitude. One of them forms the Arlautz Point, flanked by a sandstone escarpment of 50 m level and a steep hillside with tangled vegetation, which ends in a coastal strip with large blocks of collapse. Among them covering caves are formed. But there are also cavities hanging from cliff ledges, at different heights. The rocks of the flysch series of Eocene age, alternating thick layers of sandstone of carbonatic cement with thin interbedded lutites. In the caves, shelters and sandstone blocks there are speleothems and geoforms of striking aesthetic, formed by karstic processes. The general relief is modeled by marine erosion. The intergranular dissolution acts on the sandstone strata, while the normal erosion preferably wears the interbedded lutites. The result is a variety of little known karst forms that we describe in this paper. It says and discusses the factors that hinder or facilitate the karst and speleogenesis in this lithology.

*Keywords:* Physical speleology, Karst, Geomorphology, Sandstone caves, Speleothems, Geoforms.

## INTRODUCCION

El mapa no es el territorio. El modelo de conocimiento predominante en el mundo occidental, tecnificado y urbano, ha creado una cultura que contiene ideas mecanicistas y completamente distorsionadas sobre el mundo real. Un error común es la suposición de que todo el planeta ha sido explorado. Sin embargo, no toda la Tierra ha sido explorada. El hecho de que existan mapas más o menos detallados de todo el mundo no significa que todo el mundo haya sido recorrido o explorado. Y esto es válido incluso para Europa y para el País Vasco. Desde hace años, la mayor parte de la cartografía se elabora a partir de fotografías aéreas y datos tomados por satélites. Y es imposible detectar e identificar en ellos múltiples rasgos de interés geológico o biológico. Existen enormes extensiones vírgenes en el planeta: selvas tropicales, regiones montañosas... Incluso en los océanos, la mayor parte de las costas y fondos marinos permanece desconocida. Aunque para un europeo acostumbrado a veranear en la playa parezca increíble, la mayor parte de las costas del mundo están desiertas. Y si esto es cierto para los ambientes de superficie, con mayor razón lo es para el medio subterráneo. Los espeleólogos saben bien que cada año se multiplica el número de redes de cavernas que son descubiertas y exploradas. Y esta es una significativa proporción de la corteza terrestre, que se desarrolla y despliega tridimensionalmente en los volúmenes de rocas karstificables o susceptibles de contener cuevas. A la vez es un vasto ecosistema que alberga una gran diversidad de hábitats y de especies cavernícolas (Galán, 1993), muchas de ellas de linajes relictos, de antiguo origen, y auténticos "fósiles vivientes" en las acepciones de Jeannel (1943) o Vandel (1964).

En el medio hipógeo existe en adición un extenso elenco de espeleotemas y geoformas, a menudo formadas por procesos y mecanismos complejos, poco conocidos. En los que pueden influir aspectos geomicrobiológicos, de reactividad de las soluciones y de disipación de energía, particularmente en litologías distintas al karst clásico en caliza (Galán, 1991; Galán & Lagarde, 1988). Extraordinarios ejemplos de ello lo suministran los estudios realizados sobre cuevas, espeleotemas y geoformas en las areniscas carbonáticas del flysch Eoceno de la costa Vasca (Galán, 2013; Galán et al, 2008, 2009), contexto general en el que se sitúa este trabajo. Dichas cavidades y geoformas en arenisca destacan a nivel global por poseer, precisamente, rasgos extravagantes y de gran belleza estética, con diseños singulares. Se puede decir que cada sucesiva exploración del territorio aporta nuevos datos.

Ello explica nuestro interés por seguir prospectando nuevos enclaves, a menudo localizados en parajes abruptos y de difícil acceso, y por ello sin duda desconocidos, pese a su cercanía a importantes ciudades y vías de comunicación. La presencia de acantilados, las mareas y el fuerte oleaje del Cantábrico dificultan enormemente el acceso a estos lugares en la franja litoral, que, por otro lado, alberga fantásticos ejemplos de geoformas, que permanecían ocultas en los estratos de arenisca. A su interés científico se suman con frecuencia rasgos estéticos sorprendentes, capaces de suscitar sensaciones y emociones, como sólo saben hacerlo las "obras de arte" de la Naturaleza, y que pálidamente trataremos de ilustrar con las imágenes que acompañan al texto. Ello simplemente nos recuerda que lo fantástico puede tornarse real para quienes son capaces de indagar más allá de lo conocido.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La presente nota resume el resultado de prospecciones efectuadas en un sector del litoral de Ulía (San Sebastián), de difícil acceso y por lo tanto prácticamente desconocido. En la exploración de cavidades se utilizaron técnicas de escalada y espeleología vertical, cascos con iluminación de Leds y material topográfico Suunto. Muestras de roca y espeleotemas fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon, y fueron identificadas por sus propiedades físico-químicas y mediante comparación con otras muestras que contaban con analítica fina, procedentes de otras cuevas de la región de igual litología. Fueron tomadas fotografías a color con una cámara digital Canon (PowerShot), a fin de ilustrar los principales rasgos de las cavidades y su entorno.

## **RESULTADOS**

Las areniscas de Ulía son parte de una secuencia de turbiditas abisales de edad Eoceno, de facies flysch, que alterna estratos gruesos de arenisca con intercalaciones más delgadas de lutitas y margas. Los paquetes más gruesos y resistentes a la erosión de superficie alcanzan espesores de 20-50 m y están constituidos casi exclusivamente de arenisca. La secuencia predominantemente arenosa, de edad Eoceno inferior a medio, ha sido denominada Formación Jaizkibel y ha sido detalladamente descrita por diversos autores (Jérez et al, 1971; Campos, 1979; Kruit et al, 1972; Mutti, 1985; Rosell, 1988; Van Vliet, 1982; entre otros).

La potencia total de la serie alcanza 1.500 m de espesor y se extiende a lo largo de la costa entre Hondarribia y Orío, conformando dos grandes conos de deyección submarinos, cóncavos hacia el Norte. Estos son los últimos sedimentos marinos depositados antes de la emersión del territorio y la orogénesis Pirenaica, la cual llevó a la configuración actual del País Vasco (como prolongación de la zona Norpirenaica francesa). El dispositivo estructural es monoclinal, con buzamiento generalizado hacia el Norte y deformaciones locales. Debido a la plasticidad de las rocas del flysch, el buzamiento es variable y oscila entre 25° a 80°. En el monte Ulía los estratos de arenisca presentan en general un buzamiento alto, de 45° a 80° y dirección que va cambiando de NE (entre Monpás y Cala Murguita) a buzamiento N (entre Cala Murguita y la entrada al Puerto de Pasajes).

La zona de estudio comprende la punta de Arlautz y su flanco adyacente, hasta la línea de costa. La punta de Arlautz se localiza en el sector más occidental de Ulía, inmediatamente al E de la punta de Monpás y del entrante del Rincón de Búho, que describimos en un trabajo previo y que aportó interesantes hallazgos de cuevas y crustáceos cavernícolas (Galán & Nieto, 2016).

Esta zona había llamado nuestra atención previamente por el largo y prominente acantilado NNW-SSE que separa el dorso de la cuesta del flanco adyacente, y que se extiende desde el nivel del mar hasta el sendero de la costa, a 160 m de altitud. Un sector de la parte superior del acantilado (la pared vertical bajo el mirador del paso de la Kutralla) fue explorado en 2011, encontrándose algunas cavidades y geoformas de interés (Galán et al, 2011). Pero repetidas observaciones mostraban que dicho acantilado posee un rasgo por demás peculiar, difícil de encontrar en otros afloramientos de la Formación Jaizkibel, y es que en su parte media el escarpe presenta un pliegue, de modo que la inclinación del corte de las capas en su parte media es de 25°, siendo mayor en las partes superiores e inferiores, de 40-50°. El buzamiento se mantiene igual: 60° NE. El escarpe presenta además diversas cornisas, en las que se aprecian algunos abrigos y posibles bocas de cuevas (Figuras 01 a 08). Una disposición estructural por consiguiente muy favorable para que se desarrollen cavidades a partir del escarpe, siguiendo el buzamiento.

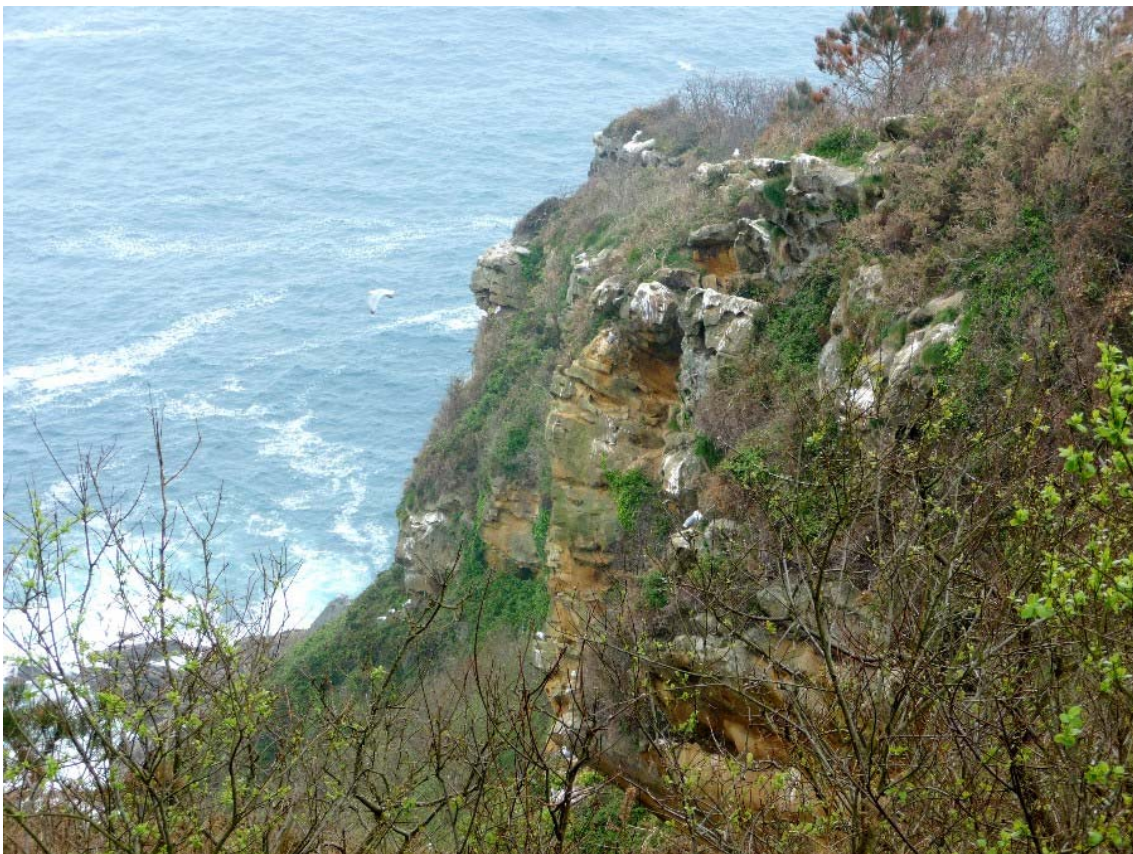
En la costa, al W de la punta Arlautz, existe también una franja con enormes bloques de colapso, que se extienden hasta la zona basal del acantilado (Figuras 09 a 18). Sector éste que también podría contener cavidades de interés. Cabe decir que el flanco en sí de la ladera es muy abrupto (pendientes de 45-50°), con bloques y pequeños escarpes adicionales, y con toda la ladera recubierta de una densa vegetación de matorral espinoso (grandes zarzas y argomas), junto a helechos y árboles dispersos.



**Figura 01.** Escarpe lateral de la Punta de Arlautz y flanco adyacente. Vistas desde la ruta de descenso a la franja litoral de bloques. Nótese la enmarañada vegetación espinosa con zarzas y argomas de 2-3 m de altura. Se aprecia también la inclinación del corte de las capas en la zona central de pliegue. El buzamiento es más acentuado, de 60° NE, hacia la parte de atrás del escarpe.



**Figura 02.** Vista desde arriba del flanco de descenso (con escarpes menores) y tramo superior en la parte alta del escarpe, con series de concavidades esféricas y planares, ampliadas por disolución intergranular de la arenisca. En la base de los paquetes más gruesos se forman cornisas, con abrigos y pequeñas cuevas.



**Figura 03.** Partes central e inferior de los acantilados, vistas desde una cornisa (arriba) y dorso del espolón central (debajo), respectivamente. Nótese la presencia de oquedades y geoformas sobre las paredes.



**Figura 04.** Descenso a cornisas en la parte superior del escarpe, con uso de técnicas de jumars y escalas metálicas (con cable de acero) para evitar algunos roces durante el ascenso. Geoformas en las paredes.



**Figura 05.** Sucesión de paredes extraplomadas y cornisas escalonadas. Paredes con roca arenizada, zonas con superficies recementadas y geofomas residuales, formadas por el avance de la disolución intergranular.





**Figura 06.** El abrupto sendero de descenso, con escalones menores, y últimos 50 m sobre la franja litoral de grandes bloques, con algunos pasos expuestos que aseguramos con cuerda.



**Figura 07.** Parte final del descenso hacia la costa, con lajas húmedas y deslizantes, cubiertas de algas verdes.



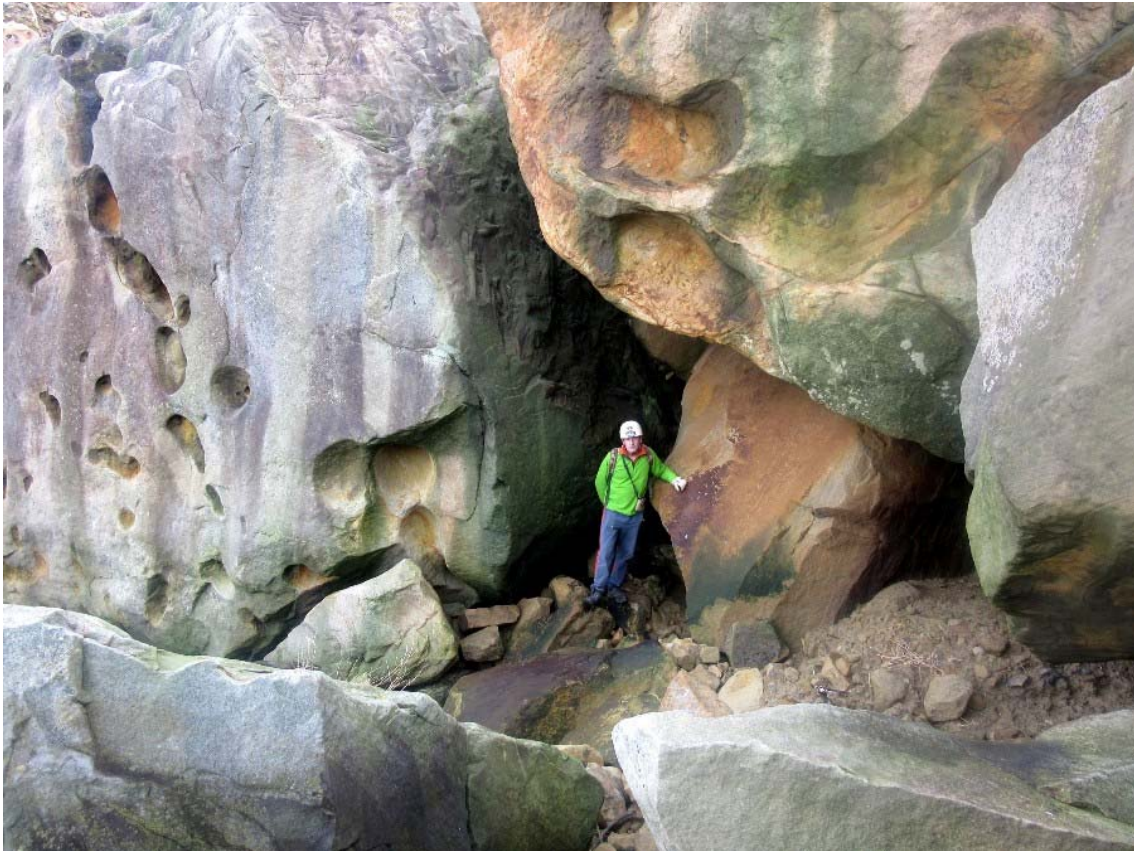
**Figura 08.** Parte final del descenso hacia la costa y bloques en la franja litoral, salpicados por el oleaje.



**Figura 09.** La franja litoral en la zona de estudio, batida por el fuerte oleaje del Cantábrico. La punta de Monpás al fondo.



**Figura 10.** Franja litoral de grandes bloques decamétricos, con corredores entre bloques y cuevas de recubrimiento. Al fondo, la parte baja de los acantilados de Arlautz.



**Figura 11.** Grandes bloques, cuevas de recubrimiento, concavidades y geoformas con óxidos de hierro.

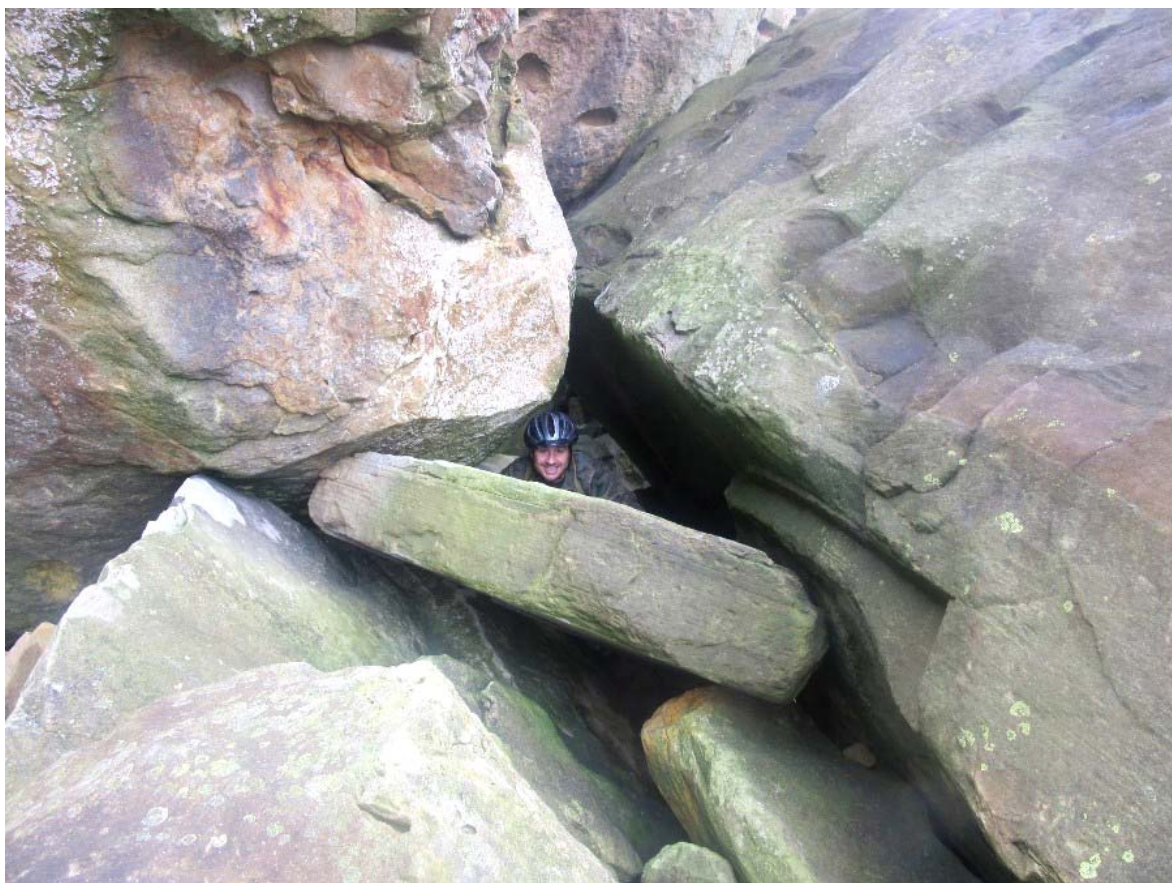
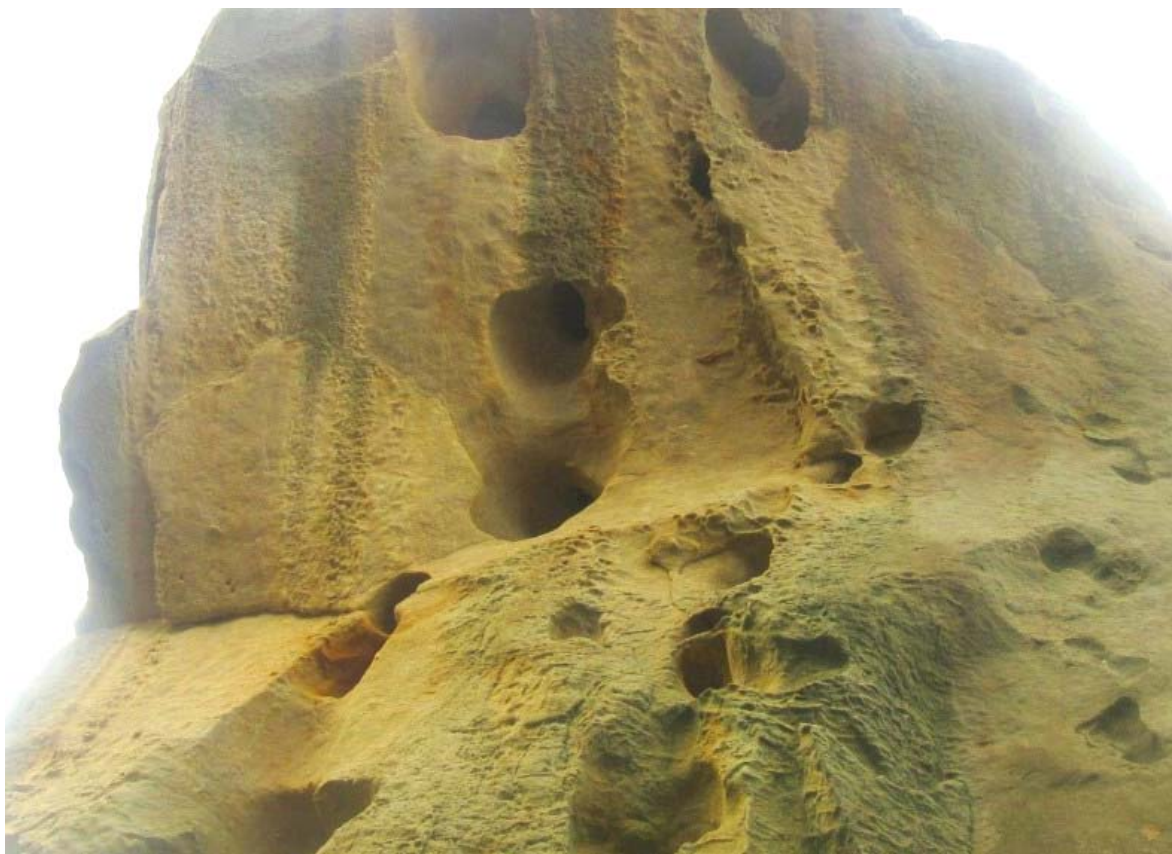


**Figura 12.** El paso entre dos bloques prominentes, de 10 m de altura, que llegan a alcanzar las olas. Una cueva bajo el segundo bloque permite atravesar el paso evitando las salpicaduras cuando el oleaje es fuerte. Así se puede acceder a la parte E de la franja litoral y a la zona basal del acantilado.



**Figura 13.** Cueva bajo los bloques del Paso, con geoformas y coloraciones rojizas debidas a la difusión de óxidos de hierro a partir de envolturas residuales de cannonballs y otras concreciones.

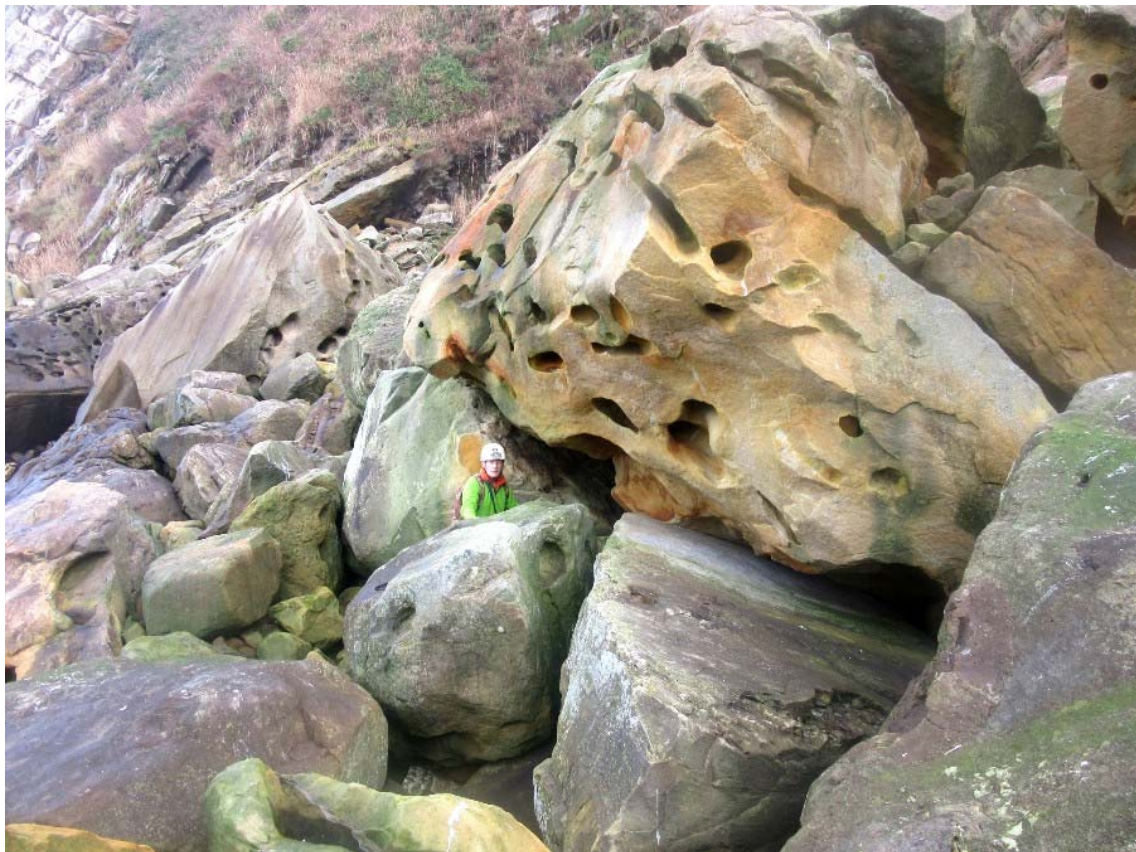




**Figura 14.** Concavidades y geformas alveolares, algunas de las cuales recuerdan a incipientes Bandas de Möebius (imagen superior). Boca superior de una segunda cueva de recubrimiento, extensa de 20 m, tras el Paso (imagen inferior). Su parte inferior presenta pasos de escalada y zonas inundadas por el agua de mar.



**Figura 15.** Cuevas de recubrimiento en la zona intermareal y escalada de bloques para recorrer la franja litoral.



**Figura 16.** La zona basal de los acantilados, con escarpes superpuestos y cuevas de recubrimiento bajo grandes bloques, con concavidades esféricas y alargadas producto de la disolución y remoción de concreciones.



**Figura 17.** Los bloques, incluso aquellos cubiertos de algas verdes (que reciben las salpicaduras del oleaje) presentan geformas, con bandeados y anillos de Liesegang, de extravagantes diseños.

La intrincada vegetación y las fuertes pendientes eran los mayores obstáculos para acometer la prospección de este sector. Por ello ideamos el plan de abrir un sendero en invierno (cuando el matorral está más bajo), para descender por el flanco hasta los bloques costeros y desde ahí remontar la base del acantilado y las cornisas que resultaran de menor dificultad de acceso. Como veremos, el plan resultó factible (aunque tuvimos que equipar con cuerda un tramo expuesto de 40 m, sobre las lajas costeras, y efectuar varias escaladas entre grandes bloques y para acceder a cornisas). La zona litoral fue revisada en detalle (aunque siempre con fuerte oleaje) y permitió descubrir varias cuevas de recubrimiento. En la base del escarpe y en las cornisas de la pared encontramos abrigos y cuevas con geoformas y espeleotemas de interés, cuyos principales rasgos son descritos en esta nota.

## **DISOLUCIÓN INTERGRANULAR Y KARSTIFICACIÓN EN LA ARENISCA**

Los bancos de arenisca en la zona de estudio alcanzan 5-10 m de potencia. Litológicamente son areniscas cuarzosas de colores claros y de cemento carbonático. Están formadas por un entramado de granos de cuarzo bien redondeados (o ligeramente angulosos), que pueden constituir algo más del 90% de la roca (siempre más del 85%), y cantidades menores de fragmentos detríticos de feldespatos y micas (en torno a 2%). El cemento, de carbonato de calcio, representa un volumen cercano al 10%.

Son frecuentes cannonballs (concreciones esféricas o bolas de arenisca más dura), de variable diámetro, desde unos pocos hasta más de 70 cm. Estas concreciones de similar litología están rellenas de cuarzo de grano medio a grueso, con cemento carbonático, muy poca mica y glauconita. A veces forman series de cannonballs contiguos o se conjugan en formas planares de varios metros de extensión lateral. La erosión de los estratos de arenisca con cannonballs y concreciones planares da lugar a concavidades semiesféricas y alargadas, las cuales otorgan a algunas zonas un aspecto de gryère característico. Intercalados entre los bancos de arenisca se encuentran niveles delgados de naturaleza arcillosa o margosa, con cierto grado de pizarrosidad.

Los rasgos kársticos se observan preferentemente en los estratos gruesos de arenisca, donde ocurren procesos subterráneos de disolución intergranular comparables a los que presentan rocas silíceas, como las cuarcitas de Venezuela, Brasil y Sudáfrica (Galán, 1991). Lo esencial de esta karstificación incompleta reside en que el agua se infiltra en la roca no sólo a través de fisuras, sino intergranularmente, disolviendo a su paso el cemento que une los granos de cuarzo, descohesionando la roca y transformando así la arenisca inicialmente compacta en un material poroso, friable y disgregable. La disolución afecta también, pero en mucho menor grado, a los granos de cuarzo y produce una rápida alteración y remoción de los feldespatos y micas contenidos en la matriz. En consecuencia, la disolución intergranular produce una progresiva y paulatina "arenización" de la roca. Si se consigue concentrar la circulación subterránea se producen fenómenos de tubificación o piping, formando redes de vacíos y conductos. La continuación de este proceso genera cuevas a todas las escalas. De modo inverso se puede producir la precipitación de sustancias disueltas, generando espeleotemas en las cuevas y cementaciones en el interior de la arenisca. Su progresivo retrabajado genera a su vez geoformas en mallas poligonales de boxworks, celdas en panal de abejas (honeycomb cells) y muy diversas formas alveolares.

La disolución intergranular de la arenisca es el proceso básico o primario que comanda la formación de cavidades y la creación de geofomas en esta litología. Asimismo, existen en Ulía circulaciones hídricas subterráneas, sumideros y surgencias, junto a toda una serie de abrigos y cuevas, a diferentes escalas. Aunque su magnitud es moderada en comparación con el karst clásico en caliza. No obstante, cabe destacar que en el conjunto de la Formación Jaizkibel hemos descubierto más de 200 simas y cuevas en roca compacta (sin contar una cifra aún mayor de cuevas de recubrimiento entre bloques), con cavidades individuales que alcanzan 258 m de desarrollo de galerías y desniveles de hasta -70 m, formando parte de sistemas aún mayores (del orden de -120 m de desnivel y 400 m de desarrollo acumulado). En adición, existen redes de mesocavernas y microcavernas, con conductos de débil diámetro (que no permiten el paso del ser humano), las cuales son recorridas por las aguas de infiltración y contienen biocenosis diversas, con especies cavernícolas terrestres, de agua dulce y marinas (ver p.ej. Galán & Nieto, 2016). Este karst en arenisca constituye así un hábitat subterráneo susceptible de ser utilizado y poblado por muy diversos organismos.

Por otro lado, pese al moderado desarrollo de las cavidades hasta ahora descubiertas, ha resultado notable y espectacular la profusión y diversidad de geoformas, espeleotemas, paramoudras y otras concreciones, que se presentan en estas cavidades, muchas de ellas con rasgos atípicos y únicos a nivel global, y que revisten por consiguiente un considerable interés científico.

Las mayores dificultades en la prospección de estos terrenos vienen dadas por su abrupto relieve y enmarañada cobertura vegetal. Las partes altas de Ulía, que apenas superan los 235 m de altitud, descienden hacia el mar en pendientes progresivamente más acentuadas. Bajo la cota de los 160 m las pendientes se acentúan para formar en las zonas inferiores y flancos de algunos barrancos, escarpes verticales y acantilados de hasta 100 m de desnivel. Aunque la exploración de estos sectores puede hacerse a pie, o en escalada libre, conviene asegurar con cuerda los pasos expuestos o utilizar técnicas de espeleología vertical. Muchas anfructuosidades y cornisas presentan rebordes y presas con roca arenizada, y por tanto resultan muy frágiles. Esto, unido a la dificultad de colocar clavos y empotradores en roca arenizada, torna las escaladas expuestas. Como contrapartida, el grado de adherencia de la roca es alto y muy favorable. En verticales aéreas es necesario recurrir a técnicas de jumars y dada la composición arenosa de la roca, esta resulta también muy abrasiva para las cuerdas. El uso de escalas metálicas resulta útil para evitar roces. Nosotros hemos utilizado una combinación de técnicas de cuerda estática y escalas, con óptimos resultados.

## CAVIDADES Y GEOFORMAS

El modelado general del relieve local es debido a la erosión marina, que recorta el frente costero, y a la erosión normal de superficie, que meteoriza y desgasta preferentemente las rocas más blandas de la serie flysch. La meteorización de la arenisca a lo largo de diaclasas y planos de estratificación, unida a procesos de descompresión mecánica, fragmenta los estratos individuales en bloques cúbicos y lienzos de varios metros de lado. Por acción de la gravedad y la erosión marina los bloques colapsan y caen hacia el mar, donde van siendo disgregados, generando escarpes en progresivo retroceso. Así se forma una franja litoral de bloques desprendidos sobre una pequeña rasa mareal (Figuras 08 á 18) de la que destacan algunos estratos en punta. En estas zonas, sometidas a la acción de las mareas y el oleaje, se presentan muchas cuevas de recubrimiento entre las acumulaciones de bloques. Los afloramientos más potentes de estratos gruesos de arenisca destacan en relieve positivo y sobre ellos actúa principalmente la disolución intergranular, generando una multiplicidad de cavidades y geoformas, en la base de los escarpes y en cornisas colgadas en las paredes, a distintas alturas (Figuras 18 á 32). Estas aprovechan también la existencia de fracturas, planos de estratificación, y redes de concavidades y formas planares vaciadas por la disolución intergranular de las concreciones.

Los procesos de meteorización de las rocas son facilitados por tratarse de zonas de clima atlántico, donde las precipitaciones alcanzan valores de 1.700 - 1.800 mm/a. El abrupto relieve del litoral está también muy expuesto a la acción del oleaje, muy potente en el Cantábrico. La erosión marina remueve los materiales desprendidos y excava la base del terreno, generando acantilados y taludes en activo proceso de erosión y recorte, con frecuentes desprendimientos de rocas y retroceso de las pendientes.

El sector explorado resulta de difícil acceso terrestre. Y la franja litoral puede recorrerse durante las bajamares, siempre y cuando el oleaje ese día no sea muy fuerte. Nosotros recurrimos a abrir un sendero en el flanco, utilizando cuerda en un tramo de 40 m en la zona inferior, para acceder a unas lajas y a la franja litoral de bloques (Figuras 33 y 34). El desnivel del descenso es de 160 m. Fue explorada la franja litoral, con grandes bloques de colapso y cuevas de recubrimiento, hasta alcanzar la base del escarpe lateral. La base de este acantilado y varias cornisas fueron exploradas, mediante escalada libre en algunos puntos, encontrando otro conjunto interesante de cavidades y abrigos, con espeleotemas y geoformas. Ello se suma a otras halladas en la parte superior del acantilado, en cornisas alcanzadas mediante técnica de jumars y escalas metálicas (Galán et al, 2011).

En la franja litoral hay sistemas de cuevas de recubrimiento (Figuras 10 á 18). Normalmente tienen por techo grandes bloques decamétricos, apoyados o en contacto con otros menores. Algunas galerías, tubulares, han sido formadas a expensas del vaciado de concreciones (cannonballs y formas planares) o a expensas de mesocavernas, fracturas y planos de estratificación ampliados por erosión normal y marina. Exploramos una docena de cuevas de este tipo, con desarrollos que van de 10 á 40 m y desniveles de hasta -12 m, existiendo un conjunto de cuevas menores o que se extienden bajo el nivel marino. Algunas de ellas, adosadas a las paredes, están en continuidad con pequeñas galerías y mesocavernas formadas por disolución intergranular (Figura 19). La diferencia de altura de las mareas y el oleaje contribuyen a la acción erosiva de las zonas más bajas e inundables de estas cuevas. En la base de escarpes y cornisas encontramos algunas cuevas (de hasta 20 m) y abrigos extensos, con numerosas geoformas y espeleotemas (Figuras 20 á 32). En el abrigo mayor, que se extiende 40 m sobre una cornisa, hemos encontrado intercalaciones de lutitas fracturadas por compactación o aplastamiento, constituyendo un ejemplo de procesos clásticos mecánicos.

Entre las geoformas destacan concavidades, producto de la disolución y remoción de cannonballs y formas planares. Es frecuente que estas concreciones estén separadas de la roca-caja por envolturas arcillosas (gangas), ricas en hierro. Otras veces las gangas comportan laminaciones duras de óxidos de hierro y silicatos de aluminio. Muchas de las concavidades conservan restos de estas envolturas y con frecuencia, a partir de ellas se forman, por difusión y precipitación rítmica, bandeados y anillos de Liesegang, de llamativos diseños. Esto ocurre incluso en bloques de colapso que conservan concavidades (Figuras 11, 13, 17 y 18).

En el interior de las cavidades y abrigos, o en el techo de las cornisas, la roca presenta superficies arenizadas, con los granos de arena casi sueltos, así como zonas endurecidas por recementaciones locales. El progreso de la disolución intergranular genera en estas bóvedas y paredes una gran cantidad de geoformas: distintos tipos de celdas en "panal de abejas", grandes boxworks, remanentes erosivos de la recementada superficie externa (algunos de ellos comparables a bandas de Moebius), restos en relieve positivo de concreciones de hierro y silicatos de aluminio, envolturas arcillosas de cannonballs, y muy diversas formas alveolares (Figuras 20 á 32). En estas paredes arenizadas se pueden observar también laminaciones y estructuras de corriente, a menudo sinuosas y de distintos colores, correspondientes a rasgos de la roca-caja. Así como depósitos remanentes de arena.

Las espeleotemas encontradas en las cavidades de este sector, se presentan también en abrigos, prácticamente al aire libre (Figuras 19, 25, 27, 28). Predominan ampliamente recubrimientos blancos de alófono y silicatos de aluminio amorfo, pequeñas espeleotemas botroidales de ópalo-A, costras milimétricas de yeso, y de oxi-hidróxidos de hierro y manganeso. La precipitación de estos minerales secundarios prueba que parte de la sílice de los granos de cuarzo de la arenisca es disuelta, junto a otros componentes procedentes de la alteración de los feldespatos y micas contenidos en la roca-caja. En su mayoría, las espeleotemas encontradas tienen un origen biogénico, estando su génesis influida o mediada por la actividad metabólica de microorganismos, que habitan en las aguas intergranulares que percolan a través de la arenisca, y que han intervenido en la reactividad de las soluciones. Unos rasgos, por consiguiente, singulares. También cabe destacar que en la formación de boxworks y precipitación rítmica de óxidos de hierro intervienen procesos de difusión y convección, propios de sistemas complejos, dando una diversidad de formas y coloraciones llamativas, a menudo con diseños estéticos remarcables.



**Figura 18.** Escarpes y cornisas superpuestas, con cavidades y geoformas, a lo largo de 160 m de desnivel (imagen superior) y bloques desprendidos con láminas duras de óxidos de hierro en torno a cannonballs y formas planares que acribillan la roca como un gruyère (imagen inferior).



**Figura 19.** A lo largo de la base de la pared del escarpe hay varias cavidades, con geoformas y espeleotemas diversas. En la imagen inferior recubrimientos milimétricos de alófano y oxi-hidróxidos de hierro y aluminio.





**Figura 20.** Diversidad de geofomas en abrigos y cornisas, con laminaciones y bandeados rítmicos.



**Figura 21.** Extensas cornisas con multiplicidad de geoformas sobre las paredes arenizadas. Con restos de gangas de cannonballs. Las intercalaciones de lutitas se presentan finamente fracturadas.



**Figura 22.** Una cavidad se abre en una de las repisas mayores, y presenta un corto desarrollo a expensas del buzamiento. En la pared, formas residuales en relieve positivo de concreciones y gangas.



**Figura 23.** Cuevas en arenisca compacta, con galerías de varias decenas de metros de desarrollo en oscuridad. Las paredes presentan geofomas, bandeados de Liesegang, algunas espeleotemas y rellenos arenosos.



**Figura 24.** Galerías de cuevas en estratos compactos de arenisca, con grandes boxworks en las bóvedas, laminaciones y bandas de coloración por difusión de óxidos de hierro.



**Figura 25.** Diversidad de boxworks, con distintas coloraciones, y espeleotemas blancas de silicatos hidratados de aluminio amorfo, con llamativos diseños de gran belleza estética.  
El área cubierta por las fotos es de 2 m de ancho.



**Figura 26.** Otros ejemplos de geoformas, con coloraciones notables, en el interior de las cuevas.



**Figura 27.** Pequeñas galerías que prosiguen en mesocavernas de débil diámetro, con algas verdes en zona de penumbra, y bóvedas con boxworks y espeleotemas de yeso y silicatos de aluminio.





**Figura 28.** Abrigos en cornisas, con espeleotemas de yeso, silicatos de aluminio amorfo, pequeños recubrimientos botroidales de ópalo-A y probablemente también oxi-hidróxidos de hierro y manganeso.



**Figura 29.** Geoformas sobre paredes y bóvedas de abrigos, con multiplicidad de boxworks y formas alveolares.



**Figura 30.** En escarpes menores, sobre el flanco con vegetación, también se encuentran algunas cuevas, de modestas dimensiones, con diversas espeleotemas y geoformas.



**Figura 31.** Cavidades en cornisas sobres escarpes menores del flanco, con arcos y puentes de roca.



**Figura 32.** Cavidades a lo largo de la base de los escarpes, con redes de mesocavernas y diversas formas alveolares. En la imagen inferior se aprecia un cannonball desprovisto de su envoltura arcillosa.



**Figura 33.** Redes de concavidades esféricas y planares, formadas por disolución de las concreciones carbonatadas y en continuidad con mesocavernas y cuevas de recubrimiento, en la franja costera.



**Figura 34.** Las lajas inferiores en la ruta de ascenso y vegetación enmarañada sobre ellas. Un paisaje singular y poco conocido, con fuertes contrastes, a orillas del Mar Cantábrico.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La prospección de acantilados y zonas de difícil acceso ha permitido poner al descubierto cuevas y rasgos geológicos poco conocidos. En los que han intervenido distintas formas de erosión y disolución, actividad geomicrobiológica, y procesos clásticos mecánicos. La descompresión de la roca en la vecindad de vacíos, como escarpes y acantilados, no sólo propicia la fractura y colapso de grandes bloques y lienzos enteros de roca arenisca, sino también el aplastamiento y destrucción de vacíos previamente formados por disolución en la base de los estratos y/o por erosión de los materiales más blandos.

La disolución intergranular de la arenisca y la precipitación de sustancias disueltas para formar espeleotemas, van así acompañadas de muchos otros factores que operan en el modelado del relieve. Probablemente la existencia de intercalaciones blandas de lutitas en la facies flysch de estas turbiditas arenosas es un factor mayor que dificulta la karstificación y espeleogénesis, contribuyendo al deslizamiento de los estratos duros y al colapso de cavidades previamente formadas.

En todo caso, este sector de la punta de Arlantz aporta nuevos datos sobre los singulares rasgos que posee el litoral de San Sebastián (Gipuzkoa) en sus zonas más abruptas, con nuevos ejemplos de cavidades y geoformas, de llamativos diseños. A pesar de las modestas dimensiones de estas cavidades, podemos concluir que reúnen múltiples rasgos de interés científico, que se agregan a los ya conocidos sobre la karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Marian Nieto, Carolina Vera Martín y Luis Viera (SCA) por su colaboración en la colecta y/o análisis de muestras de roca y espeleotemas usadas como material de comparación. A Franco Urbani (SVE) por sus observaciones sobre espeleotemas en cavidades de arenisca de otras localidades de la Formación Jaizkibel y espeleogénesis en cuarzo-arenitas. A dos revisores anónimos de la SCA y SVE por sus observaciones y útiles sugerencias.

## BIBLIOGRAFIA

- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe*, S.C.Aranzadi, 31(1-2): 3-139.
- Galán, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas silíceas y rocas carbonáticas: un estudio comparado. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C.Aranzadi, 43: 43-72.
- Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163.
- Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia Audiovisual Ayto. Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 82 pp.
- Galán, C. & J. Lagarde. 1988. Morphologie et évolution des cavernes et formes superficielles dans les quartzites du Roraima. *Karstologia*, Assoc. Franc. Karstol. & Fed. Franc. Spéléol., 11-12: 49-60.
- Galán, C. & M. Nieto. 2016. Crustacea Mystacocarida y Copepoda en cavidades en arenisca en el Rincón del Búho (monte Ulía, Donosti, País Vasco). *Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi*. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C.; M. Molia; M. Nieto & J. Rivas. 2008. Nuevos datos sobre Paramoudras y concreciones relacionadas en Jaizkibel e Igueldo (Pseudokarst en arenisca del flysch Eoceno, Gipuzkoa). *Publ.Dpto.Espeleol. S.C.Aranzadi*. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 44 p.
- 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.; J. Rivas & M. Nieto. 2011. Los acantilados de Ulía, sus cavidades y geoformas (San Sebastián, País Vasco). *Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi*. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 26 pp.
- Jeannel, R. 1943. *Les fossiles vivants des cavernes*. Ed. Gallimard, Paris, 321 p.
- Jérez Mir, L.; Esnaola, J. & V. Rubio 1971. Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa. Memoria IGME (Inst. Geol. Min. España), Tomo 79, Madrid, 130 pp.
- Kruit, C.; Brouwer, J. & P. Ealey. 1972. A Deep-Water Sand Fan in the Eocene Bay of Biscay. *Nature Physical Science*, 240: 59-61.
- Mutti, E. 1985. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: Provenance from arenitas. Proceeding Nato-Asi meeting, Cetraro-Cosenza, Italy. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Netherlands, 65-93.
- Rosell, J. 1988. Ensayo de síntesis del Eoceno sudpirenaico: El fenómeno turbidítico. *Rev. Soc. Geol. España*, Márgenes continentales de la Península Ibérica, Vol. 1 (3-4): 357-364.
- Van Vliet, A. 1982. Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipúzcoa (Northern Spain). Thesis Doct. Univ. Utrecht, Netherlands, 180 pp.
- Vandel, A. 1964. *Biospéologie: La Biologie des Animaux cavernicoles*. Ed.Gauthier-Villars, Paris, 619 p.