

ACANTILADO NORTE DE PUNTA ATALAYA: SIMA Y GEOFORMAS EN ARENISCA (PAÍS VASCO).

North cliff of Punta Atalaya: abyss and geofoms in sandstone rocks (Basque Country).



Carlos GALÁN & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. S.C. Aranzadi. Febrero 2017.

ACANTILADO NORTE DE PUNTA ATALAYA: SIMA Y GEOFORMAS EN ARENISCA (PAÍS VASCO).

North cliff of Punta Atalaya: abyss and geofoms in sandstone rocks (Basque Country).

Carlos GALÁN & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Febrero 2017.

RESUMEN

Se describe una cavidad compleja, con singulares geoformas, explorada tras el descenso de un escarpe vertical de 40 m de desnivel, en el acantilado Norte de Punta Atalaya (litoral del monte Ulía, San Sebastián).

El flanco N de Punta Atalaya está formado por estratos compactos y subverticales de arenisca de 95 m de desnivel, que caen directamente al mar. Al NE de la punta, un pequeño valle encañonado desciende por un terreno abrupto hasta una cornisa que permite alcanzar el flanco N, a 55 m de altitud. Bajo este punto el litoral presenta un entrante inter-estratos, con una playa de bloques y rocas en su base, accesible mediante el descenso con cuerda (y ascenso en jumars). El entrante forma un amplio abrigo, techado por los estratos en voladizo, y se prolonga en una cueva de recubrimiento bajo el relleno de bloques del suelo. La cavidad, formada por procesos de disolución intergranular y colapso de la roca-caja (arenisca de edad Eoceno), presenta un notable conjunto de geoformas, totalizando -50 m de desnivel y 220 m de desarrollo de galerías. Se describe y comenta los principales rasgos que presenta esta cavidad y sus geoformas, muchas de ellas extrañas y de estética remarcable.

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

ABSTRACT

A complex cavity with unique geofoms is explored after the descent of a 40 m vertical escarpment on the northern cliff of Punta Atalaya, located on the coast of Mount Ulía (San Sebastián).

The north flank of Punta Atalaya is made up of compact and subvertical strata of sandstone, of 95 m depth, that fall directly into the sea. A small valley lined with NE of the point descends by an abrupt terrain until a cornice that allows to reach the North side, to 55 m of altitude. Under this point the coast presents an inter-strata cove, with a beach of blocks and rocks at its base, accessible by rope descent (and ascent jumars). The cove forms a broad shelter, roofed by cantilevered strata, and is prolonged in a coating cave under the soil block filling. The cavity, formed by processes of intergranular dissolution and collapse of the rock-box (sandstone of Eocene age), presents a notable set of geofoms, totalizing -50 m depth and 220 m of galleries development. It describes and discusses the main features of this cavity and its geofoms, many of them strangers and of remarkable aesthetics.

Keywords: Physical speleology, Karst, Geomorphology, Sandstone caves, Geofoms.

INTRODUCCION

La arenisca carbonática de la Formación Jaizkibel (flysch Eoceno de la costa Vasca) presenta localmente procesos de karstificación, con interesantes y extraños ejemplos de cuevas, espeleotemas y geoformas (Galán, 2013; Galán et al., 2008, 2009). Las cavidades en estas areniscas destacan a nivel global por poseer, precisamente, rasgos remarcables, extravagantes y de gran belleza estética. La localización de muchas cavidades en acantilados del litoral, las mareas y el fuerte oleaje del Cantábrico, dificultan considerablemente la prospección de enclaves de potencial interés, que por consiguiente permanecen inexplorados. Sin embargo, cada sucesiva exploración de parajes abruptos o de difícil acceso aporta nuevos datos, y con frecuencia se presentan en ellos cuevas y geoformas extrañas, que nos sorprenden por sus rasgos inusuales, incluso desconocidos para la Ciencia. De ahí nuestro interés en seguir prospeccionando nuevos enclaves y cavidades en la arenisca, que el ser humano explora por primera vez.

Aprovechando la bajamar, un día con el mar en relativa calma, pudimos explorar un paraje localizado previamente, de acceso vertical. El intento no nos defraudó y nos permitió el hallazgo de una sima-cueva, de compleja geometría, que totaliza más de 200 m de galerías y -50 m de desnivel, con el añadido de poseer un notable conjunto de geoformas. Al interés científico de esta cavidad se suman sus rasgos estéticos, extraños y de singular belleza, lo que ha motivado la elaboración de este breve trabajo que ilustramos con fotografía digital.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo es continuación y resultado de prospecciones previas efectuadas en el litoral del monte Ulía (Galán et al., 2011). La cavidad explorada es de difícil acceso vertical y permanecía por ello desconocida. En su exploración se utilizaron técnicas de escalada y espeleología vertical (cuerda estática y jumars), cascos con iluminación de Leds y material topográfico Suunto. Se realizaron observaciones in situ y toma de algunas muestras geo-biológicas, las cuales fueron estudiadas posteriormente en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon hasta 800 aumentos. El plano de la cavidad fue dibujado en formato digital en programa FreeHand. Se tomaron fotografías a color, con una cámara Canon, a fin de ilustrar los principales rasgos de la cavidad y las geoformas de su entorno.

RESULTADOS

La cavidad se localiza en un entrante litoral, recortado lateralmente por un escarpe vertical, en el flanco Norte de Punta Atalaya (Figura 1). Este enclave llamó nuestra atención porque los estratos del escarpe lateral sobresalen en voladizo, formando un amplio abrigo, techado bajo las bóvedas en extraplomo. En las paredes extraplomadas se observaba desde arriba la ocurrencia de una gran diversidad de geoformas, de contrastantes diseños y coloraciones. La base del abrigo posee un suelo de grandes bloques, entre los cuales se observaba aberturas que sugerían la existencia de cuevas de recubrimiento.

En efecto, tras descender una vertical de 40 m, hasta el suelo del abrigo, este se prolonga bajo la zona techada 14 m hacia el SE, donde su pared se verticaliza. En sentido opuesto, hacia el NW, el abrigo se prolonga formando un corredor encañonado entre los estratos subverticales hasta el mar, descendiendo un desnivel adicional de 10 m, con una extensión de 56 m de largo en planta y 10 m de anchura. Buena parte de este suelo de grandes bloques es posible recorrerlo en superficie, con pasos de escalada, hasta resaltes verticales de -4 á -6 m impasables sin el auxilio de cuerdas, el más bajo próximo al mar. Por lo que tampoco resulta practicable el acceso al sitio desde el mar. Sin embargo, todo el corredor posee galerías subterráneas (bajo y entre el relleno de bloques) que permiten enlazar la línea de costa con el suelo del abrigo, a través de aberturas destrepables. Esta red de galerías interconectadas conforma así una cueva de recubrimiento, extensa y laberíntica, que enlaza con la base del abrigo (Figura 2).

Los estratos de arenisca en este flanco N son subverticales (buzamiento de 70°) y la cavidad en sí ocupa el espacio libre dejado por la disolución, colapso y remoción de varios estratos gruesos. El flanco N que limita la pared Sur de la cavidad es así subvertical. Pero la pared Norte de la cavidad también sigue el buzamiento, y prolonga el abrigo techado a lo largo de 36 m. Varias de las bocas de acceso a la cueva inferior se abren en el suelo de bloques bajo la zona techada, por lo que el abrigo y la cueva de recubrimiento están en continuidad, conformando una única cavidad. Adicionalmente, como el abrigo techado asciende sobre la placa del flanco N bajo el recorte extraplomado lateral, la cavidad se prolonga en su parte alta 40 m de desnivel con una anchura de 16 m, hasta el punto 0 (Datum) donde instalamos el fraccionamiento de la vertical de acceso a la cavidad (Ver plano en Figura 2). La cavidad en su conjunto alcanza así 220 m de desarrollo y -50 m de desnivel.

La exploración de la cavidad presenta varias dificultades técnicas. En primer lugar, el terreno es muy vertical y aunque es posible descender sin cuerda 10 m más por debajo de la cornisa, la roca puede estar resbaladiza y el borde en voladizo es frágil (Figuras 3 á 6). La roca no presenta fisuras aptas para colocar clavos de escalada y los clavos de expansión no sujetan bien en roca arenizada, siendo frágiles muchos salientes. Como es necesario evitar roces de la cuerda (contra la abrasiva arenisca) bajo el reborde inicial de la vertical, nosotros recurrimos a instalar un tren de cuerda mediante anclajes naturales, utilizando una cuerda de 25 m y otra de 50 m. Atamos la primera cuerda a un sólido puente natural de roca, en la cornisa, luego a otro pequeño puente de roca (para acceder lateralmente al borde en la cota 0, a 50 m snm), donde volvimos a atar el extremo y una cinta suplementaria a un pequeño torreón de roca ya sobre la vertical, donde la segunda cuerda (unida a la anterior y a la cinta) caía al vacío sin roce alguno. El primer tramo de la vertical de 40 (de unos 6-8 m) es aéreo y luego se prosigue tocando pared pero sin roce, ya que la cuerda permanece oblicua en el aire durante todo el recorrido de descenso y ascenso (Figuras 7 á 14). El recorrido de la vertical permite apreciar en detalle la disposición de los estratos, geoformas, y evidencias de los procesos de disolución y colapso (Figuras 6 á 8). El recorrido del suelo de bloques y la cueva inferior de recubrimiento implica a su vez diversos pasos de escalada y destrepes, paso de gateras, y pasos en oposición en las zonas bajas, con frecuencia resbaladizas por la presencia de algas y pozas de agua marina. Un conjunto de detalles inusuales en la exploración de cuevas y simas en el karst clásico en caliza.

Como contexto general cabe señalar que 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 delgadas de lutitas y margas. 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.

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. En el área de estudio del flanco N de Punta Atalaya los estratos de arenisca presentan un buzamiento alto, de 70° NE.



Figura 1. Localización de la cavidad en el acantilado Norte de Punta Atalaya, bajo el extraplomo (flechas rojas).

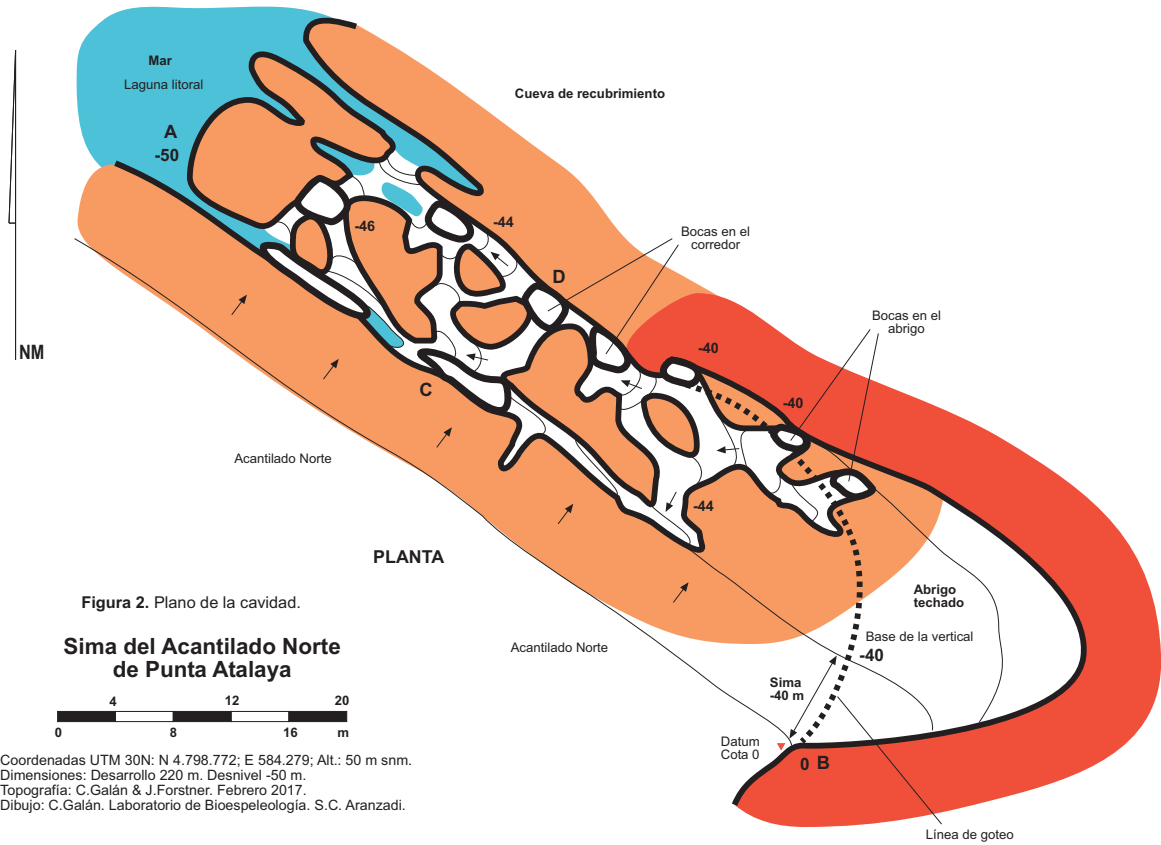
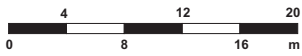


Figura 2. Plano de la cavidad.

Sima del Achantilado Norte de Punta Atalaya



Coordenadas UTM 30N: N 4.798.772; E 584.279; Alt: 50 m snm.
 Dimensiones: Desarrollo 220 m. Desnivel -50 m.
 Topografía: C. Galán & J. Forstner, Febrero 2017.
 Dibujo: C. Galán. Laboratorio de Bioespeleología. S.C. Aranzadi.

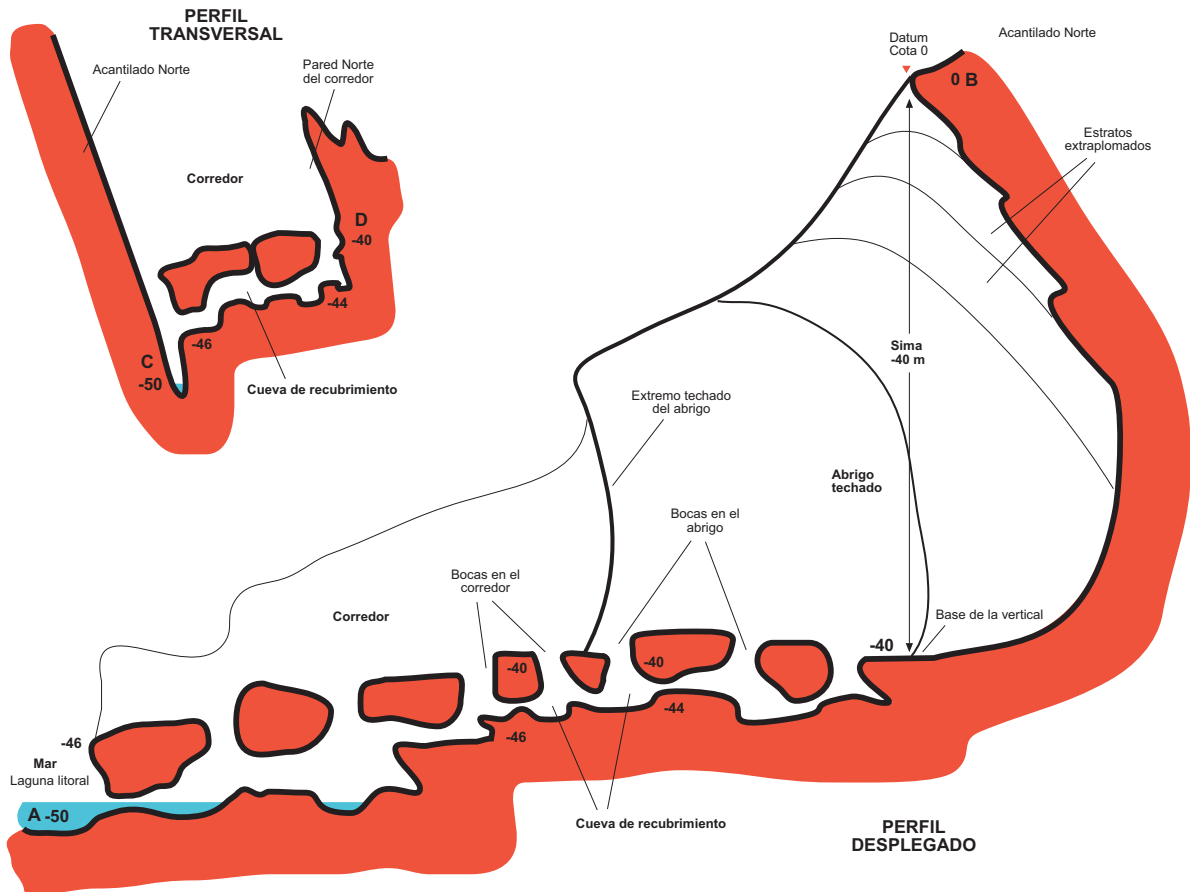




Figura 03. Vallecito de acceso al flanco Norte de Punta Atalaya. Paredes de arenisca con geoformas.



Figura 04. En el flanco N de Punta Atalaya, de 95 m de desnivel, durante las primeras prospecciones, que permitieron el hallazgo de la cavidad descrita en este trabajo. Nótese la cantidad de grutas y oquedades, así como los tapices de algas verdes.



Figura 05. El acantilado Norte de Punta Atalaya y vista desde arriba del abrigo y el corredor que lo prolonga hasta el mar. Se adviina la posible ocurrencia de cuevas de recubrimiento bajo y entre los grandes bloques.



Figura 06. Vista del pequeño torreón en el borde del abismo de 40 m y detalle del anclaje en el inicio de la vertical. Se aprecia también la laguna que queda en comunicación con el mar, durante la marea baja.



Figura 07. Vista del abrigo techado desde la cuerda de descenso. Al fondo, el suelo de bloques y el corredor. A medida que se desciende se aprecia la amplitud del abrigo y los estratos con diversidad de geoformas.



Figura 08. Secuencia del descenso de la vertical de -40 m. Sobre el punto de inicio y paso del fraccionamiento inicial. Se puede apreciar una larga fractura sobre la placa Norte, estratos rebajados con concreciones laminares de óxidos de hierro, intercalaciones delgadas de lutitas y diversas geofomas.



Figura 09. Los primeros tramos del descenso. La perspectiva cambia según el punto desde donde se tomen las fotos, pero puede apreciarse que el primer tramo es a pleno vacío y luego tocando pared. Destacan las series alineadas de concavidades esféricas producto de la disolución y remoción de cannonballs (concreciones de arenisca carbonática).

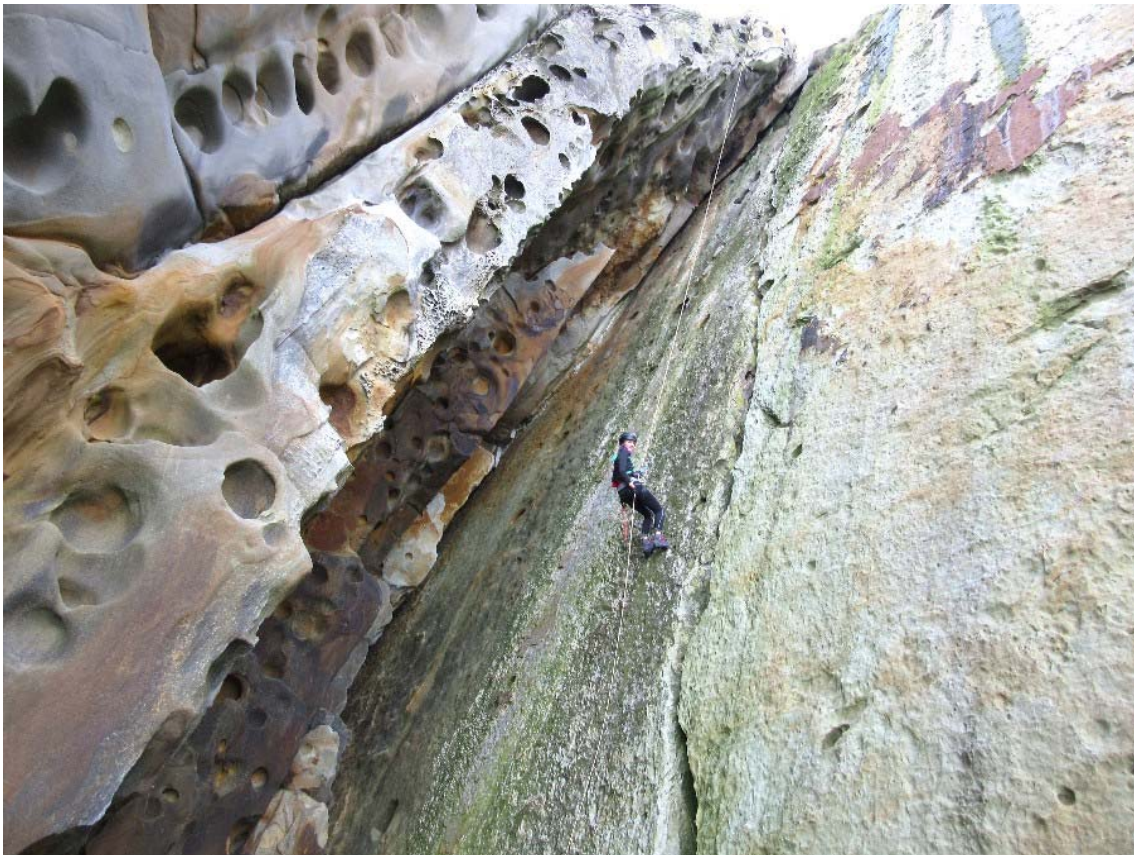


Figura 10. A medida que se desciende la vertical se pueden apreciar numerosos detalles, como la percolación de aguas intergranulares, flujos laminares, separación y adelgazamiento de los estratos que techan el abrigo, diversos tipos de concreciones, laminaciones y geofomas.



Figura 11. Base de la vertical, con suelo de bloques y paredes con geoformas. Destacan diversas laminaciones, estructuras de corriente, restos de gangas o envolturas de cannonballs y concreciones irregulares de óxidos y silicatos de hierro y aluminio.



Figura 12. Secuencia de ascenso en jumars de la vertical de 40 m. Tramo inferior.



Figura 13. Detalles del ascenso de la vertical de acceso al abrigo, desde distintas perspectivas.



Figura 14. Remontando en jumars la parte superior, aérea, de la vertical. Nótese la fractura de la placa Norte.



Figura 15. Terminación SE del abrigo y vista hacia el NW del corredor con suelo de bloques que se extiende hasta el mar. Se adivinan diversas entradas hacia la cueva de recubrimiento inferior. Entre las geofomas puede apreciarse algunos rebordes con formas alveolares y pequeños boxworks.



Figura 16. Grandes bloques que techan la cueva de recubrimiento bajo el corredor y detalle de las espectaculares alineaciones de concavidades de cannonballs, removidos por disolución intergranular. Nótese las suaves superficies amenizadas bajo los extraplomos, diversas laminaciones y hoyuelos.



Figura 17. Diversidad de geoformas bajo la pared techada del abrigo, al lado de una de las bocas de acceso a la cueva inferior. Destacan formas alveolares, boxworks, laminaciones y estructuras de corriente, así como restos de concreciones esféricas de óxidos de hierro y cannonballs.

DESCRIPCION DE LA CAVIDAD

Sima del acantilado Norte de Punta Atalaya.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.798.772; E 584.279. Altitud: 50 m snm.

Mapa fuente de referencia: Cartografía digital SIG Gipuzkoa (b5m.gipuzkoa.net).

Dimensiones: Desarrollo 220 m. Desnivel: -50 m.

Plano de localización en Figura 1. Plano de la cavidad en Figura 2. Fotos de la cavidad y sus geoformas en Figuras 6 á 34.

La cavidad consta de dos partes (diferenciadas pero en continuidad): un amplio abrigo al cual se accede mediante una sima vertical de -40 m, y un corredor encañonado en su base, de 10 m de ancho por 70 m de largo que se extiende hasta la costa y presenta una cueva de recubrimiento bajo y entre el relleno de grandes bloques del suelo. Esta cueva de recubrimiento posee 144 m de desarrollo de galerías y desciende -10 m de desnivel entre las bocas de la base del abrigo y las bocas inferiores abiertas al nivel del mar. La zona techada del abrigo tiene 36 m de largo y -40 m de desnivel. Por lo que la cavidad totaliza 220 m de desarrollo y -50 m de desnivel (desde la cota 0, datum para las coordenadas UTM y punto de acceso a la vertical).

La sima, tras pasar el reborde inicial del techo del abrigo, cae en vertical aérea 6-8 m y luego tocando pared el resto, siguiendo el declive subvertical (de 70°) de la placa Norte del acantilado. Desde el pie de la vertical de la cuerda de descenso, el abrigo techado por los estratos en extraplomo se extiende 14 m hacia el SE y 22 m hacia el NE, totalizando una extensión techada de 36 m en planta.

Este amplio abrigo y el corredor que lo prosigue se extiende 70 m hasta la línea de costa, descendiendo un desnivel adicional de -10 m, con suelo de grandes bloques, limitados entre dos estratos resistentes. Este corredor, de 10 m de ancho, corresponde al vacío dejado por la remoción de cuatro estratos gruesos de arenisca. En la pared de la sima se aprecia que los estratos de arenisca están separados unos de otros por intercalaciones delgadas de lutitas, de 10-20 cm de espesor, por los que fluyen láminas delgadas de aguas de percolación intergranular. Puede apreciarse también en estos contactos que la cara inferior de los estratos de arenisca ha sido rebajada por disolución intergranular. Cuando se adelgaza lo suficiente o intercepta fracturas parte del estrato colapsa mecánicamente, generando el relleno de bloques y profundizando la excavación lateral del abrigo.

El relleno de grandes bloques que conforma el suelo del abrigo (y del corredor que lo prosigue) es muy estable. A través de 8-9 bocas o aberturas distintas es factible el acceso a la cueva inferior. Esta tiene un desarrollo laberíntico, alternando pasos estrechos con ampliaciones en zona oscura, en torno a la base de los bloques más grandes, y limitada entre los dos estratos gruesos que limitan a su vez el corredor. Posee pequeñas simas internas, cuyo descenso se evita por pasos alternos en bypass. En su parte más baja (los 15 m más cercanos al mar) hay dos bocas menores que invade el agua de mar. La situada al S, limitada entre la placa N y un gran bloque, comunica con un estanque o laguna en la línea de costa, que inunda el mar en marea alta. La situada al N es una estrecha galería interestratos por la cual penetra el oleaje con fuerza, siendo visible el agua de mar desde una sima cercana superior abierta contra la pared N en el suelo de la cueva.

La zona intermareal de la cueva, que inunda el agua de mar en marea alta, se extiende sólo unos 10 á 15 m, está profusamente cubierta de incrustaciones biológicas (= fouling) y tapices de algas, y está habitada por cirrípedos, cangrejos y otras especies litorales. Las galerías en este sector presentan pozas de agua y paredes húmedas y resbaladizas, de accidentado recorrido.

Sin embargo, la mayor parte de la cueva es seca, y aunque los bloques en superficie están meteorizados, en las bóvedas y paredes de las galerías (bajo el techo de bloques) la arenisca se presenta sólida, pero superficialmente arenizada por disolución intergranular, pudiendo observarse la coloración primaria de la roca (con tonos anaranjados y blancos predominantes), así como diversas geoformas, tales como laminaciones, concreciones y estructuras de corriente. En algunos puntos (en realidad escasos) encontramos espeleotemas de ópalo-A, oxi-hidróxidos de hierro y recubrimientos blancos de silicatos de aluminio amorfo. Aunque escasos, también prueban la ocurrencia de disolución intergranular y precipitación de minerales secundarios. En todo caso cabe destacar que la acción del mar y el oleaje sólo alcanzan la zona inferior de la cueva más próxima al mar, siendo los procesos de disolución, erosión normal y colapso los que comandan el cavernamiento, como veremos a continuación.

GENESIS DE LA CAVIDAD

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. En Ulía y otros afloramientos de la Formación Jaizkibel, existen circulaciones hídricas subterráneas, sumideros, surgencias, y toda una serie de abrigos y cuevas, a diferentes escalas, aunque de magnitud moderada en comparación con el karst clásico en caliza. Cabe destacar, no obstante, 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), con cavidades individuales que alcanzan 258 m de desarrollo de galerías y desniveles de hasta -70 m en la Sima Tanbo 2 (Galán et al., 2013). Por consiguiente esta sima pasa a ser la segunda cavidad en esta litología que supera los 200 m de desarrollo, existiendo otras que también superan los 100 m. Se puede decir que cuando se reúnen o conjugan una suma de condiciones favorables (litológicas, hidrológicas, topográficas y estructurales) pueden formarse cavidades en la arenisca de dimensiones relativamente importantes.

A primera vista podría pensarse que se trata de una cavidad formada por la erosión marina. Pero, como veremos, numerosas evidencias muestran que no es así. Dada la cota de las galerías subterráneas y del corredor en superficie, así como el alcance de la acción marina, es obvio que los procesos de erosión marina sólo inciden en la erosión y remoción de materiales en la zona más baja de la cueva, más próxima al mar. A partir de unos 20 m de la línea de costa, las galerías de la cueva están situadas por encima del nivel de la pleamar y fuera del alcance del oleaje.

En algunos tramos del suelo de la cueva se observa la roca-caja, pero en otros el suelo es de bloques, y no se discierne el fondo del relleno clástico. Las galerías discurren entre y bajo bloques estables, con caras y aristas levemente redondeadas por la erosión normal e infiltración de las precipitaciones (aguas de lluvia) a través de hendiduras y espacios entre bloques. Las paredes y bóvedas, de bloques de roca compacta, presentan superficies arenizadas, indicio de la percolación de aguas intergranulares (aguas porales). Esta arenización o decementación de la roca-caja permite observar la coloración primaria de la arenisca, que presenta tonalidades predominantemente anaranjadas, blancas y ocres, con diversas laminaciones, estructuras de corriente, concreciones laminares de óxidos de hierro, concreciones esféricas de arenisca carbonatada (= cannonballs) y otras geoformas, incluyendo recubrimientos muy localizados de espeleotemas de óxidos de hierro, silicatos de aluminio y ópalo-A.

Todo ello sugiere que la disolución intergranular sigue actuando sobre los bloques del relleno. Estas aguas dulces subterráneas, procedentes de la infiltración de las precipitaciones, constituyen el agente principal que actúa en la remoción de materiales y en el crecimiento volumétrico de las galerías. Aunque algunos rasgos de los bloques pueden corresponder a fases previas de disolución antes del colapso de los estratos.

En efecto, las paredes del entrante extraplomado del abrigo muestran que éste está constituido por el recorte y remoción de cuatro estratos gruesos de arenisca, separados entre sí por intercalaciones muy delgadas (centimétricas) de lutitas. Por los planos de estratificación fluyen pequeñas láminas de agua, que han removido las lutitas. Pero también cada estrato individual ha resultado rebajado por disolución intergranular, adelgazando los estratos individuales y aumentando su separación. En el cuarto estrato, que techa a los otros, es particularmente apreciable su adelgazamiento y curvatura hacia el borde externo. Los estratos en la parte alta de la bóveda del abrigo se encuentran en activo proceso de colapso mecánico. De hecho se observan fracturas recientes y, en el suelo del abrigo, bloques cúbicos colapsados de fractura reciente. Es decir, que la progresiva disolución de los estratos individuales de arenisca, propicia su descompresión mecánica, fractura y colapso de bloques o lienzos mayores. Este es el mecanismo principal que ha actuado en la génesis del abrigo y su progresiva ampliación y retroceso lateral.

El corredor es resultado del colapso completo de los estratos y remoción de los bloques clásticos desprendidos. Lo que ha contribuido al retroceso del frente del abrigo. La meteorización de los bloques basales y la progresiva remoción de clastos menores actúan en el relleno, junto a la disolución intergranular, ampliando las galerías subterráneas y consolidando el terreno. Así, la génesis de la cavidad está controlada por la infiltración de las precipitaciones, la disolución intergranular de la arenisca, la remoción completa de las intercalaciones de lutitas y el colapso progresivo de los estratos en bloques de distinto tamaño.

La erosión marina puede haber recortado el entrante litoral, en sus fases iniciales, sobre una corta distancia. Puede apreciarse que la línea de costa, tras la laguna litoral, muestra algunas aristas de roca sobresalientes, que constituyen una especie de pequeña rasa mareal. Así la erosión marina contribuye más bien al desmantelamiento del relieve litoral, que está al alcance de la acción de las olas, pero no a las zonas superiores y alejadas del nivel de pleamar y del oleaje. Esta suma de rasgos, indicios y evidencias, muestran que la génesis de la cavidad está controlada básicamente por la infiltración, disolución intergranular y colapsos.

GEOFORMAS

En las galerías de la cueva de recubrimiento se encuentran geoformas tales como laminaciones, estructuras de corriente, cannonballs seccionados, restos de gangas envolventes de concreciones esféricas y laminares, bandeados rítmicos de distintos colores y anillos de Liesegang formados por difusión de óxidos de hierro. Estas mismas geoformas se presentan con mayor profusión en las paredes del gran abrigo, siendo notables las series de concavidades semiesféricas de cannonballs vaciados.

En algunos rebordes del abrigo son frecuentes diversas formas alveolares, pequeños boxworks, y estructuras de Penélope (Galán et al., 2013). Algunas de estas geoformas son debidas a procesos complejos de difusión y convección que ocurren en el interior del acuífero intergranular, y que traducen la ocurrencia de patrones y estructuras disipativas propias de sistemas complejos, no-lineales (Galán, 2010). En el estrato inferior del abrigo y en la cara de algunos bloques son también notables las concreciones laminares de color ocre oscuro, formadas por óxidos y silicatos de hierro y aluminio, que al parecer rellenaron previamente fisuras y planos de estratificación.

Algunas concavidades, producto de la disolución y remoción de concreciones tipo cannonballs, están rodeadas por envolturas arcillosas (gangas), ricas en hierro, de las cuales se conservan restos aflorando en superficie. Otras geoformas incluyen dibujos y relieves, de estética llamativa, formados por disolución diferencial de las laminaciones en los estratos de arenisca.

Sobre algunas superficies planas es posible observar múltiples diseños de las estructuras de corriente de las turbiditas. En otros casos ocurren pequeños hoyuelos, que parecen corresponder a puntos de emergencia de las aguas porales. Estos llegan a formar patrones complejos, probablemente debidos también a procesos de difusión y convección de las soluciones intergranulares.



Figura 18. Una de las bocas de acceso a la cueva de recubrimiento, con galerías en oscuridad. La foto superior está tomada sin flash, la inferior con flash. Nótese la coloración anaranjada de los bloques (superficialmente arenizados) en el interior de la cueva. Los colores verdes son debidos a la ocurrencia de algas.

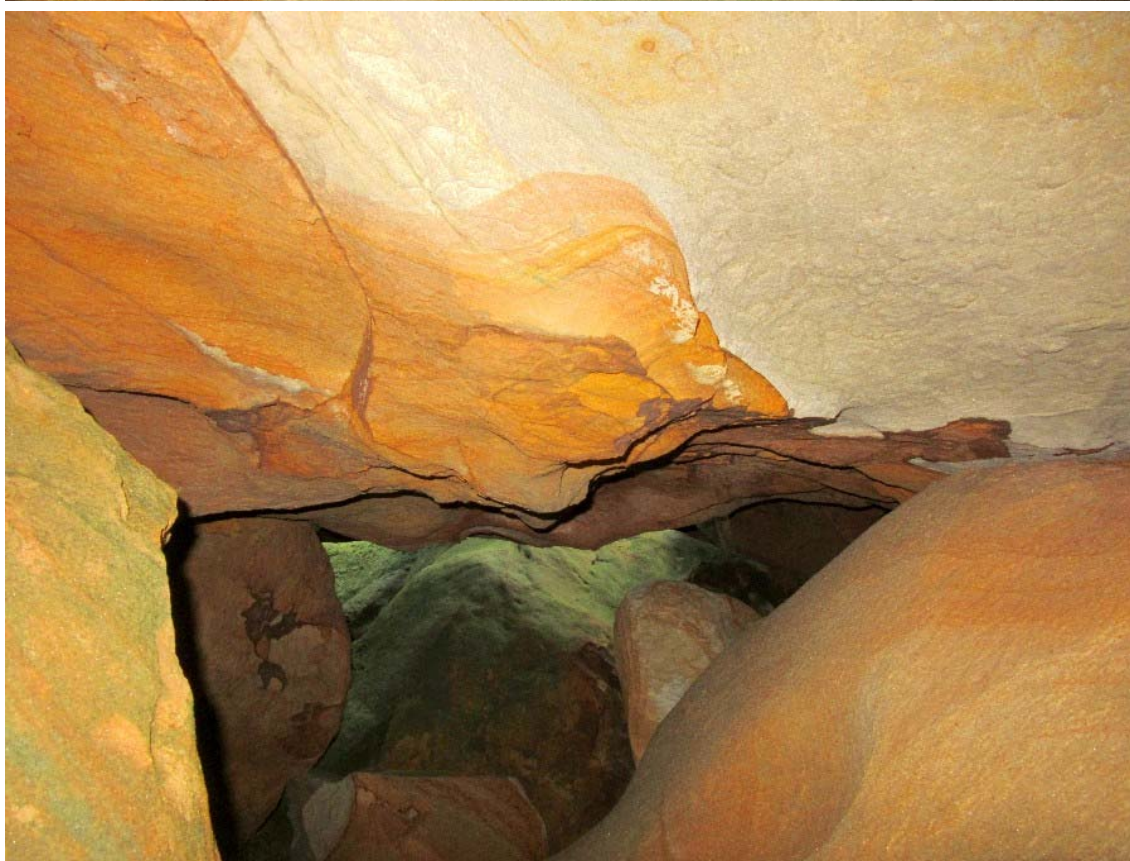
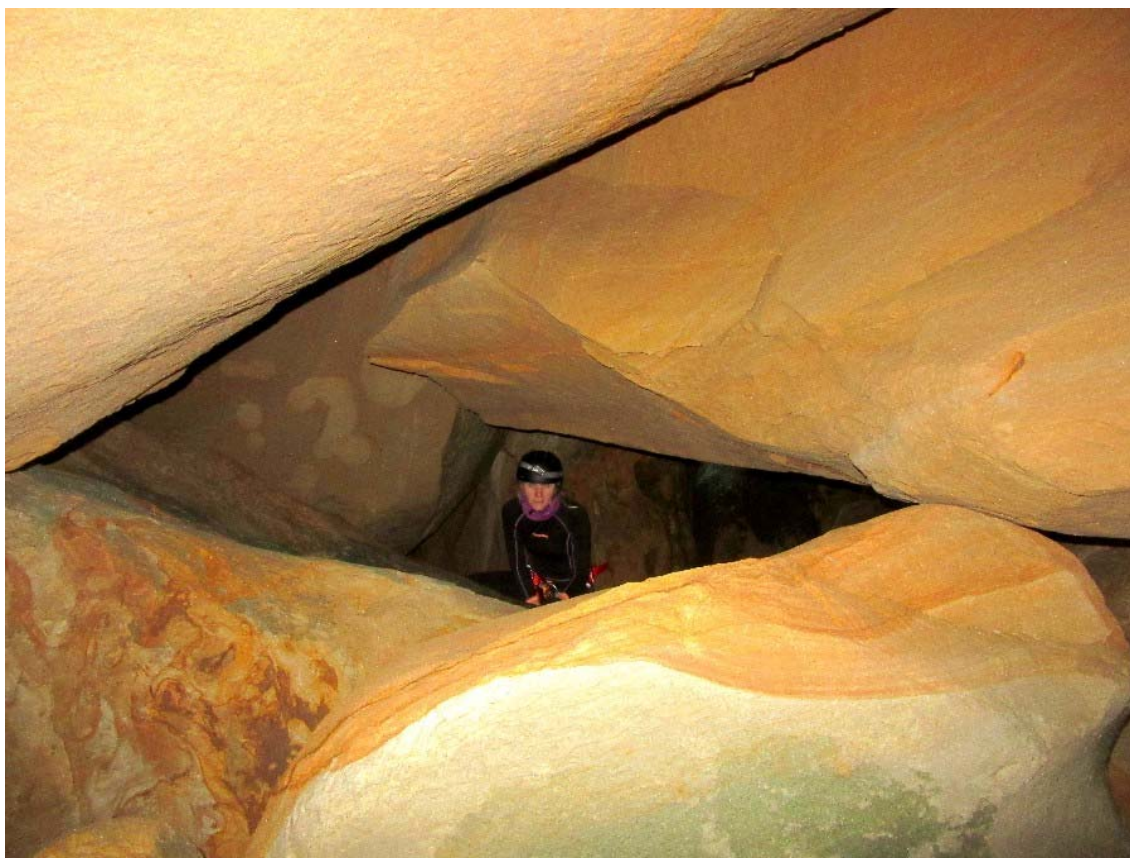


Figura 19. Galerías subterráneas de la cueva de recubrimiento, con paredes y bóvedas de colores anaranjados, blancos y ocras, predominantes. Presentan superficies arenizadas, laminaciones, concreciones de óxidos de hierro, bandeados rítmicos y anillos de Liesegang.



Figura 20. Galerías bajo grandes bloques estables, con pasos estrechos y ampliaciones, diversas concreciones y pequeñas áreas con recubrimientos milimétricos de espeleotemas.



Figura 21. Una sima de -4 m, comunica con una estrecha galería abierta directamente al mar, al lado de la laguna o estanque litoral. Se aprecia el nivel que alcanzan las aguas en marea alta.



Figura 22. Distintas bocas de acceso a la cueva y recorridos con pasos de escalada y destrepes en el corredor.



Figura 231. Galería inferior en comunicación con la laguna y terminación del corredor en un gran bloque que cae directamente sobre la laguna litoral. Nótese la profusión de incrustaciones biológicas (= fouling), especialmente cirrípedos, moluscos, y algas rojas, en las zonas más bajas, que invade el mar en marea alta.



Figura 24. Bloque sobre la laguna, con microlapiaz litoral, esculpido por acción de las salpicaduras de las olas, y pared del acantilado Norte de Punta Atalaya, con manchas de líquenes amarillos y diversas fracturas.



Figura 25. Pared del acantilado Norte, con bocas entre los grandes bloques del corredor. Al fondo se aprecia el amplio abrigo techado por cuatro estratos en extraplomo, y la cuerda de descenso de la vertical de 40 m.

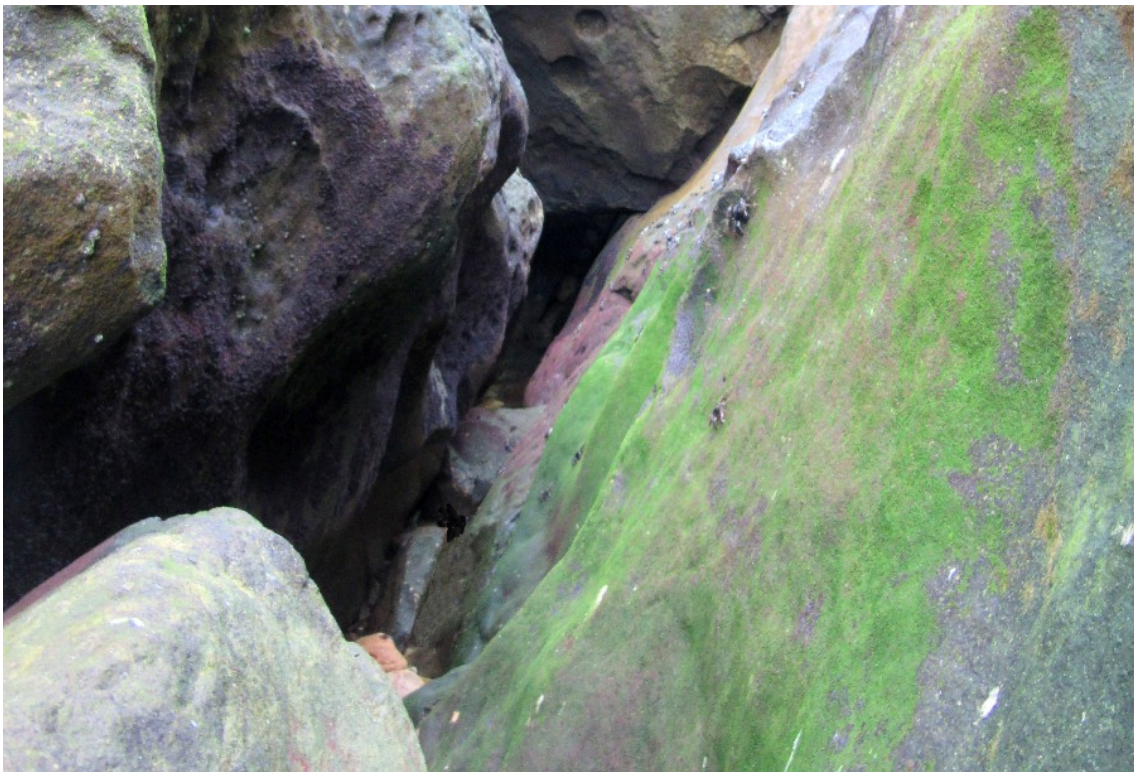


Figura 26. Pasos en oposición para acceder desde el corredor a una de las bocas inferiores de la cueva.



Figura 27. Galerías inferiores de la cueva, con diversas geoformas y films de algas verdes en zonas en penumbra.



Figura 28. Galerías subterráneas con geoformas y espeleotemas milimétricos de ópalo-A, óxidos de hierro, y silicatos de aluminio amorfo, con distintas coloraciones.

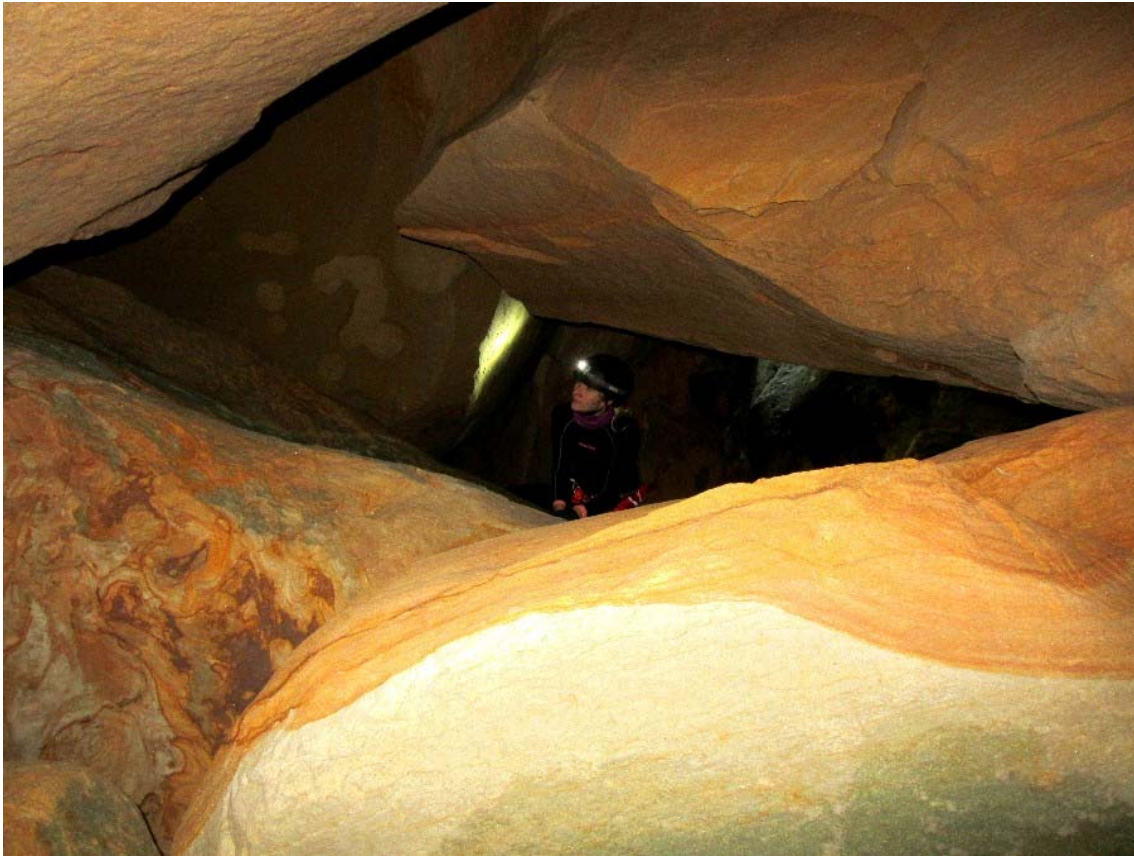


Figura 29. Otros detalles de geoformas en el interior de la cueva, cerca de una de las bocas abiertas al abrigo.



Figura 30. Geofomas. Un bloque con concreciones laminares de óxidos de hierro, que probablemente rellenaban antes fisuras, similares a las concreciones ocre-oscurs de la cara externa (obviamente fracturada) del segundo estrato del fondo del abrigo. Se aprecia series de concavidades de cannonballs y el adelgazamiento del cuarto estrato, con geofomas alveolares y estructuras de Penélope en su borde externo.

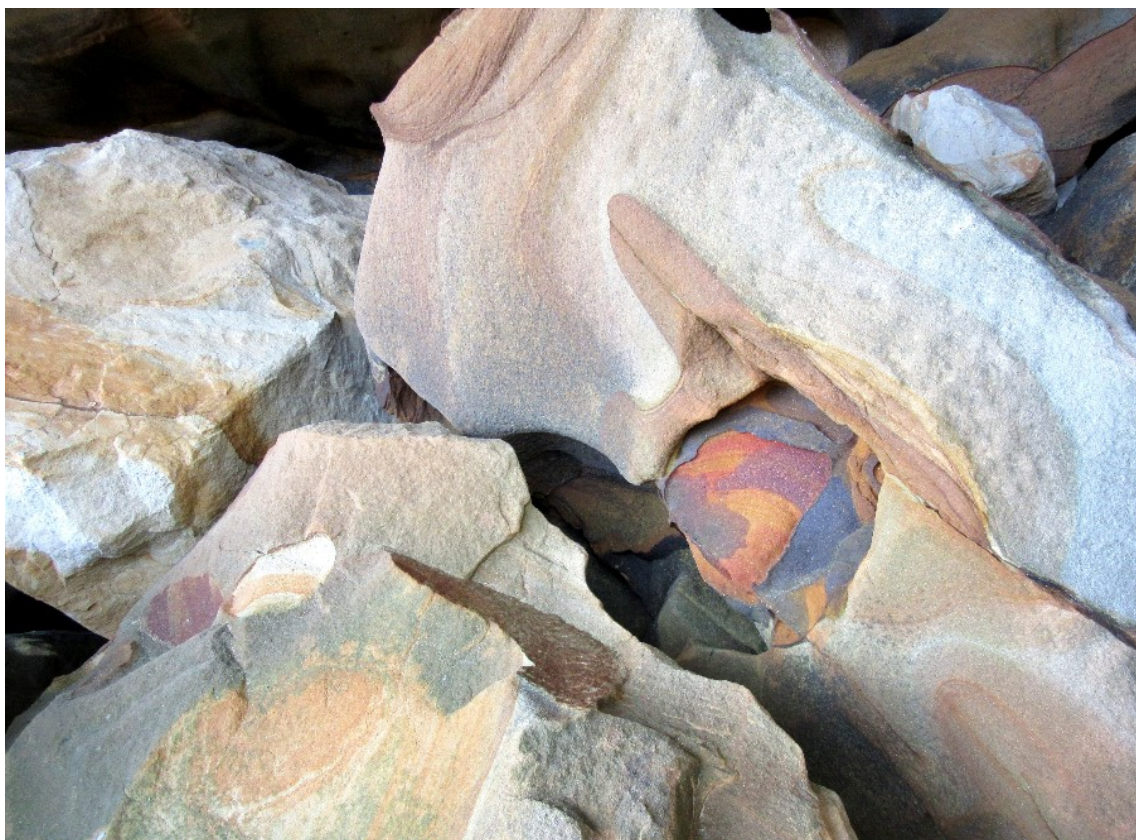


Figura 31. Detalle de laminaciones y concreciones de óxidos y silicatos de hierro y aluminio (irregulares y esféricas), algunas de ellas constituyendo la envoltura de otras concreciones en la arenisca.



Figura 32. Suaves superficies arenizadas de los estratos en extraplomo, con concavidades, laminaciones y hoyuelos de surgencia de aguas intergranulares. Con diseños y texturas de gran belleza estética.

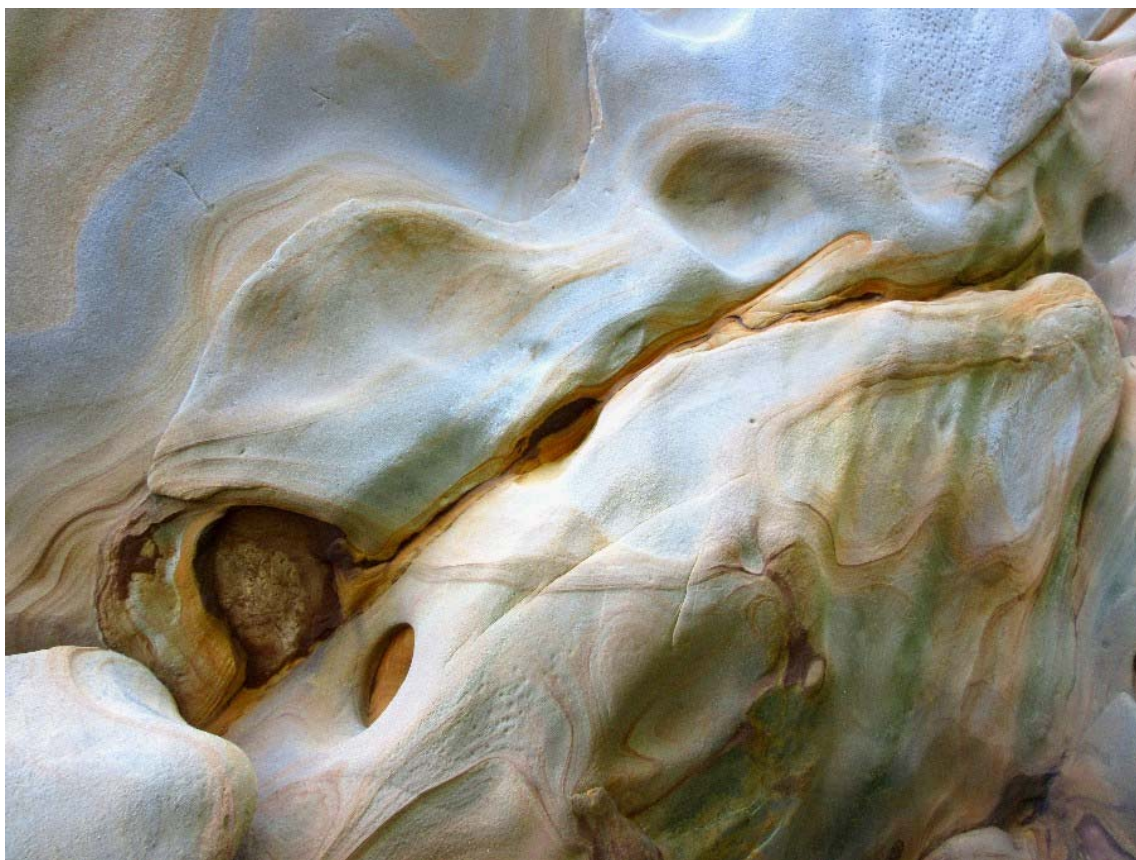


Figura 33. Superficies arenizadas con cannonballs disgregados o removidos por disolución intergranular y rebordes con boxworks y alveolos (arriba). Estructuras de corriente sinuosas y laminaciones, apreciables sobre las suaves superficies arenizadas por disolución del cemento carbonático de la arenisca (debajo).



Figura 34. Vista de los estratos que techan el abrigo y la vertical de ascenso, alcanzando el borde superior.
Debajo: la cornisa de acceso en el flanco Norte, tras desinstalar la verticales y recoger el equipo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es posible apreciar que esta nueva cavidad presenta todo un conjunto de rasgos de interés, siendo notable la profusión de geoformas y su llamativa estética. La geometría tridimensional del conjunto del enclave (y de la cavidad en ella) no deja tampoco de ser sorprendente, a la vez que ilustrativa del conjunto de factores y procesos que intervienen en la karstificación local de estas areniscas de la Formación Jaizkibel. Las fotografías incluidas en el trabajo ilustran en detalle muchos aspectos y rasgos difíciles de representar en el plano de la cavidad o mediante largos textos descriptivos, y por ello remitimos al lector a su observación.

La disolución intergranular de la arenisca, responsable principal de la formación de cavidades en esta litología, va también acompañada de procesos de difusión y precipitación de sustancias disueltas, generando espeleotemas, geoformas, concreciones y bandeados rítmicos diversos. Estos acompañan a muchos otros factores erosivos mucho más conocidos (erosión normal y marina) los cuales operan también en el modelado general del relieve. La secuencia de eventos, como ha sido dicho, es in-homogénea e impredecible, propia de sistemas complejos, no-lineales (Galán, 2010, 2013; Galán et al., 2011).

Nuestra principal conclusión es que las exploraciones efectuadas en estos enclaves ocultos del litoral, en acantilados casi inaccesibles, aportan nuevos datos de interés en Karstología (sobre cavidades y geoformas en arenisca), con múltiples rasgos de interés científico y estética remarcable, sobre los cuales difícilmente podemos clamar que conocemos todos sus detalles. Por lo que sigue abierto un amplio campo para la exploración y para la investigación científica de estas raras cavidades y fenómenos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a Marian Nieto, por su participación en las prospecciones previas en Ulía que permitieron el hallazgo de este enclave y de la cavidad que ha sido objeto de este trabajo. A dos revisores anónimos de la SCA por la revisión crítica del manuscrito y sus 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. 2010. Patrones y estructuras disipativas en cuevas y geoformas del pseudokarst de Jaizkibel. Pag web Cota0.com + Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- 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.; 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.*
- Galán, C.; J. Rivas & D. Arrieta. 2013. Estructuras de Penélope, cuevas y geoformas en arenisca del flysch Eoceno, en el litoral de la placa central de Igueldo (Gipuzkoa, País Vasco). *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 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 Formación Jaizkibel: Tanbo 2. *Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.*
- 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.