

CAVIDADES ENTRE ESTRATOS DE ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL EN EL ACANTILADO DE ELGORRI AUNDI (SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Cavities between sandstone strata of the Jaizkibel Formation in the cliff of Elgorri aundi (Saint Sebastian, Basque Country).



Carlos GALÁN, Juliane FORSTNER & José M. RIVAS.
Sociedad de Ciencias Aranzadi. Septiembre 2017.

CAVIDADES ENTRE ESTRATOS DE ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL EN EL ACANTILADO DE ELGORRI AUNDI (SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Cavities between sandstone strata of the Jaizkibel Formation in the cliff of Elgorri aundi (Saint Sebastian, Basque Country).

Carlos GALÁN, Juliane FORSTNER & José M. RIVAS.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Septiembre 2017.

RESUMEN

El frente costero del monte Ulía (San Sebastián) presenta prominentes acantilados, con estratos de arenisca de disposición subvertical, pertenecientes a la Formación Jaizkibel, de edad Eoceno. La entera secuencia sedimentaria corresponde a turbiditas abisales y alterna estratos gruesos de arenisca con otros más delgados de lutitas y margas. Los estratos de las litologías más blandas son erosionados y removidos con facilidad por la erosión normal y marina, dejando en relieve positivo a los estratos duros de arenisca. Estos se fracturan y colapsan por procesos de descompresión mecánica, generando rellenos de bloques en la base de los acantilados. Los estratos gruesos de arenisca experimentan a su vez procesos de disolución intergranular, con creación de distintos tipos de cavidades y geoformas. El trabajo describe los ejemplos encontrados durante la exploración del acantilado de Elgorri aundi (sector del Faro de La Plata) y discute sus principales rasgos y la geomorfología del enclave.

Palabras clave: Espeleología Física, Geomorfología, Cuevas en arenisca, Acantilados, Formación Jaizkibel, Fauna cavernícola.

ABSTRACT

The coastal front of Mount Ulía (Saint Sebastian) presents prominent cliffs, with strata of sandstone of subvertical disposition, belonging to the Jaizkibel Formation, of Eocene age. The entire sedimentary sequence corresponds to abyssal turbidites and alternates thick strata of sandstone with thinner ones of shales and marls. The strata of the softer lithologies are eroded and easily removed by normal and marine erosion, leaving in positive relief to the hard strata of sandstone. These fracture and collapse by mechanical decompression processes, generating block fillers in the base of the cliffs. The thick strata of sandstone undergo processes of intergranular dissolution, with the creation of different types of cavities and geoforms. The paper describes the examples found during the exploration of the cliff of Elgorri aundi (sector of Lighthouse of La Plata) and discusses its main features and the geomorphology of the enclave.

Keywords: Physical Speleology, Geomorphology, Sandstone caves, Cliffs, Jaizkibel Formation, Cave fauna.

INTRODUCCION

El conocimiento progresivo de diferentes tipos de cavidades en arenisca de facies flysch de la Formación Jaizkibel (Galán et al, 2009; Galán, 2013; Galán & Forstner, 2017) muestra que el dispositivo estructural es uno de los principales factores que interviene y controla el desarrollo de cavidades en esta litología.

Las cuevas se forman fundamentalmente por disolución intergranular en estratos gruesos de arenisca. Pero cuando el buzamiento es pronunciado se dificulta la infiltración y la erosión normal tiende a remover las intercalaciones de estratos delgados de lutitas y margas en la serie arenosa. Esta erosión y remoción de materiales separa y rebaja los estratos compactos de arenisca, propiciando procesos de descompresión mecánica y fractura de la roca, con el consiguiente colapso de los estratos en tramos y lienzos de bloques de gran tamaño.

De este modo se generan cavidades inter-estratos y sistemas de cuevas de recubrimiento que, en la franja litoral, se ven a su vez sometidos a procesos de erosión marina, muy potente en el Cantábrico. Esta desgasta los materiales desprendidos y genera una pequeña rasa mareal, con estratos que sobresalen en punta durante las bajamares, junto a bloques redondeados, cubetas y depresiones, así como cuevas que invaden las aguas marinas y quedan sumergidas durante las pleamares. En el enclave de Elgorri aundi estos rasgos geomorfológicos son puestos de manifiesto con palmaria claridad y serán descritos en este trabajo.

CONTEXTO GENERAL

La Formación Jaizkibel es una espesa secuencia de turbiditas abisales, de facies flysch, que alterna estratos gruesos de arenisca con intercalaciones delgadas de lutitas y margas (Campos, 1979; Kruit et al, 1972; Mutti, 1985) y se extiende a lo largo de 32 km de costa, entre Hondarribia y Orío (Gipuzkoa, País Vasco). Su edad es Eoceno inferior a medio. El dispositivo estructural es monoclinial, con buzamiento generalizado hacia el Norte y deformaciones locales. Gran parte de esta costa presenta abruptos acantilados, donde son frecuentes procesos locales de karstificación de las areniscas, con interesantes ejemplos de cuevas, espeleotemas y geoformas, a menudo con rasgos remarcables (Galán, 2013; 2016; Galán & Forstner, 2017; Galán & Nieto, 2016; Galán et al, 2009, 2013). El proceso básico que comanda la formación de cavidades en esta litología es la disolución intergranular, que afecta principalmente al cemento carbonático y en menor proporción a los granos de cuarzo y a otros componentes minoritarios. La formación de cavidades y geoformas puede ir acompañado de otros procesos y fenómenos de naturaleza compleja, que incluyen piping, reactividad química, difusión y convección en el interior del acuífero intergranular (Galán, 2010, 2013).

Además, la erosión normal y marina en la línea de costa produce con frecuencia colapsos, por descompresión mecánica y fractura de los estratos individuales de arenisca. Estos forman escarpes verticales y acantilados en progresivo retroceso, al pie de los cuales se forman acumulaciones de bloques y estratos enteros de arenisca desprendidos. Entre estas acumulaciones de grandes bloques se forman numerosas cuevas de recubrimiento. Estas pueden contener rasgos heredados de su karstificación previa (antes de colapsar) y pueden también estar en continuidad con galerías inter-estratos, mesocavernas y conductos de piping excavados en la arenisca. Tales cavidades pueden alcanzar desde algunas decenas a más de un centenar de metros de desarrollo, con zonas en penumbra y en oscuridad total (la mayor cavidad hasta ahora explorada alcanza 258 m de desarrollo y -70 m de desnivel). Sus galerías pueden poseer circulaciones hídricas de agua dulce, pozas anquihalinas y zonas que inunda el agua de mar, constituyendo un hábitat subterráneo extenso, rico en recursos tróficos y poblado por organismos variablemente cavernícolas. Hasta la fecha conocemos más de 400 simas y cuevas en esta litología, que puede considerarse un medio hipógeo transicional y/o anquihalino (sensu Stock et al, 1986).

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron técnicas de espeleología vertical (cuerda estática y jumars) para el descenso del acantilado, cascos con frontales Leds para la exploración de cavidades y material topográfico Suunto. Algunas muestras de interés geológico fueron examinadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Se utilizó equipo ligero de buceo (snorkel) para acceder a una de las bocas. Se tomaron fotografías con una cámara digital Canon Powershot, a fin de ilustrar los principales rasgos geomorfológicos del enclave y sus cavidades.

RESULTADOS

El enclave de Elgorri aundi está situado en la proximidad de los acantilados del Faro de La Plata, en el litoral del monte Ulía, a medio camino entre la ensenada de Cala Murguita y la entrada al puerto de Pasajes. Las coordenadas ETRS89 UTM30N del punto de descenso del acantilado son: E 585.906; N 4.798.573; altitud 45 m snm. Las coordenadas ETRS89 UTM30N de la boca de acceso a la cavidad son: E 585.896; N 4.798.608; altitud 7 m snm (Figura 1).

El enclave consta de la pared vertical de Elgorri aundi, de 45 m de desnivel, una placa adosada de igual altura, y una pequeña rasa mareal y playa de bloques en su base. Esta rasa queda inundada durante las pleamares y está limitada en su lado Norte por unos estratos salientes en punta, que reciben el nombre de Putakiya. Al Este del enclave principal hay otros salientes de estratos rebajados, con cubetas de agua, y una franja discontinua de bloques que se extiende hasta el pequeño entrante de Salto, que también requiere cuerda para el descenso y que presenta un amplio abrigo interestratos (Figuras 2 á 4).

Los estratos de arenisca se extienden en sentido E-W, con buzamiento N pronunciado y en ligera flexión. En la base del acantilado el buzamiento es de 70°N, pero aumenta a 85°N en la mitad superior, elevándose verticales en el borde superior. Los estratos individuales de arenisca tienen 2-4 m de espesor, con intercalaciones delgadas de lutitas entre ellos. La separación entre la placa adosada y la placa principal del acantilado alcanza 1,5 m de ancho y presenta algunos bloques acuñaos en su parte alta, mientras que la base, rebajada y en rampa, está constituida por una secuencia de lutitas en estratos centimétricos (Figuras 2 á 6).

En la zona basal hay pequeñas cuevas de recubrimiento pero la cavidad mayor se extiende a lo largo de una franja de 80 m entre y bajo grandes bloques limitados en su lado N por el estrato de Putakiya. La cueva sigue un estrato colapsado, adosado al de Putakiya, obviamente bajo el control estructural E-W. La cueva alcanza 180 m de desarrollo y -7 m de desnivel y está conformada por galerías interconectadas por pasos estrechos, con varias bocas o aberturas a superficie, por lo que la mitad de la red está en penumbra, siendo escasas las zonas en oscuridad total. Las galerías más amplias están limitadas por las paredes y techos de los estratos de arenisca y grandes bloques, conformando una cueva interestratos y de recubrimiento, simultáneamente.

La cavidad (que denominamos Cueva marina de Elgorri aundi) y buena parte de la zona basal del acantilado quedan inundadas durante las pleamares o pueden ser alcanzadas por el oleaje, por lo que su exploración sólo puede practicarse durante mareas bajas vivas y con el mar en calma. La cavidad consta de una galería principal E-W entre estratos, otras dos galerías paralelas entre otros estratos, dos tramos superpuestos y laterales perpendiculares que enlazan unas partes con otras (Figuras 6 á 17).

Para alcanzar la cavidad se desciende desde el borde superior del acantilado una vertical de 45 m de desnivel, desde una zona plana muy próxima a un recorte lateral del acantilado principal. En la parte basal se destrepan unas lajas para alcanzar la rasa mareal en un punto que corresponde aproximadamente al nivel medio del mar, pero que estaba en seco durante la exploración, efectuada con marea baja viva. Desde aquí remontamos entre grandes bloques hacia el estrato de Putakiya (que se eleva hasta 22 m snm), encontrando en el trayecto dos bocas de acceso que permiten acceder a la galería principal de la cueva. En este sector hay bloques de arenisca con concreciones de óxidos de hierro y aluminio, diversas geoformas, que incluyen vistosas laminaciones, así como algunas trazas fósiles de *Thalassinoides* y otros ichnofósiles (Figuras 18 á 22). Colocamos el Datum (cota 0 de la cavidad) en este punto, situado a +7 m snm (Ver Plano en Figura 7).

La boca de acceso (cota 0) son dos pasos entre bloques por los que se alcanza lateralmente la galería principal en su parte W. Bajo un escalón vertical de -4 m hay un corto tramo inferior, que hacia el W pasa bajo un gran bloque para alcanzar una poza de agua que comunica con el mar en la cota -7 m (= nivel del mar durante las bajamares vivas). La parte alta del escalón coincide aproximadamente con el nivel de pleamar y posee grandes troncos empotrados por las olas (junto a otros objetos, como boyas, cuerdas y cadenas de anclaje de barcos, lo que prueba la potente acción del oleaje incluso por encima del nivel de pleamar). (Figuras 8 á 11). Siguiendo la galería hacia el E (a lo largo del estrato de Putakiya) se avanza horizontalmente 30 m más hasta un paso estrecho (con un tronco acuñado) por el que se divisa la luz de la boca E. El paso estrecho es practicable pero, dado que se puede acceder desde otra boca, optamos por evitarlo.

La boca principal se abre entre estratos en el lado E y penetra hacia el W bajo grandes bloques que actúan como techo, con la pared N de la galería contra el estrato de Putakiya. Accedimos a esta boca nadando, con equipo ligero de buceo, ya que las paredes del corredor E de acceso son verticales a extraplomadas y aún usando cuerda requiere mojarse. Penetrando por esta boca, con agua en su primera parte, se alcanza una galería seca que conduce directamente al paso estrecho del lado W. En conjunto, se trata de una galería rectilínea de 80 m de extensión E-W. Sobre ella, en el lado E, hay un tramo superpuesto de 20 m, parcialmente techado por grandes bloques, pero su suelo aunque deja algunas rendijas no permite pasar a la galería principal.

En el lado E, en paralelo a la galería principal, hay otras dos galerías amplias, formadas por remoción de las intercalaciones delgadas de lutitas y margas, que finalizan en estrechamientos o tapones de bloques. A estas se puede acceder destrepano, en terreno seco (durante las bajamares). Estas galerías paralelas son igualmente amplias y altas, y comunican entre ellas a través de laterales entre fracturas abiertas que cortan los estratos gruesos de arenisca (Figuras 13 á 17). La galería situada más al Sur se ramifica bajo el relleno de bloques, con algunos pasos estrechos que conducen a ampliaciones iluminadas por grietas o por claraboyas (Plano de la cavidad en Figura 7). En algunas zonas bajas hay pozas de agua de mar, pero durante las pleamares el nivel del mar asciende +4 m, inundando gran parte de las galerías. Igualmente, con oleaje y temporales (habituales durante la mayor parte del año) la acción del mar afecta a la totalidad de la cueva. A ello se suma la acción erosiva de las frecuentes lluvias, que alcanzan 1.800 mm/a en el litoral Cantábrico. Por lo que una suma de procesos erosivos afecta al dinámico modelado de la red de galerías accesibles que posee hoy la cueva, cuyo desarrollo espacial totaliza 180 m de galerías y -7 m de desnivel.

En la rasa mareal, en superficie, en el extremo W del estrato de Putakiya, hay otra cueva de recubrimiento que se extiende hasta otro estrato paralelo y totaliza 25 m de desarrollo. En el entrante de Salto hay también un amplio y alto abrigo entre estratos que profundiza 10 m (Figuras 2 y 21). La suma de galerías de las cavidades del sector supera los 200 m, existiendo una red adicional de mesocavernas y espacios subterráneos bajo y entre bloques y fisuras menores.

Las paredes y bloques de la cueva poseen recubrimientos de algas rojas en la zona intermareal, incrustaciones biológicas (sobretudo cirrípedos *Chthamalus*, lapas *Patella*, poliquetos Terebellidae y esponjas). Las zonas altas poseen recubrimientos de algas verdes en las zonas en penumbra. No obstante, algunos techos y cornisas elevadas son ambientes más secos, donde se aprecia la roca-caja de arenisca, de tonalidades amarillentas y con diversas geoformas. Destacan entre estas: concavidades y prominencias, laminaciones y estructuras de corriente, concreciones carbonáticas esféricas, restos de envolturas arcillo-arenosas con anillos de Liesegang, y tramas de alveolos (Figuras 18 á 22). En algunos puntos ventilados de las bóvedas se encuentran pequeñas espeleotemas botroidales de ópalo-A y finos recubrimientos blancos de silicatos de aluminio amorfo. Así mismo, en la cueva y en superficie, se encuentran algunas concreciones de óxidos y silicatos de hierro y aluminio con trazas de titanio. La fauna encontrada es propia de la zona litoral, siendo muy abundantes los isópodos *Ligia oceanica* (Ligiidae), cangrejos, caracoles marinos, cirrípedos. Los isópodos, junto a otros artrópodos terrestres, pueden encontrarse en gran número sobre las paredes y en detritos de algas y materiales orgánicos aportados por el oleaje. Estos rasgos se presentan también en otros enclaves y cavidades explorados previamente en acantilados de Ulia e Igueldo (Galán, 2017; Galán & Forstner, 2017; Galán et al, 2013, 2017).

Algunos de los ejemplos de geoformas incluyen rasgos heredados de procesos de disolución intergranular en las areniscas, antes de su colapso (Figuras 22 á 25). Además, la ocurrencia de espeleotemas prueba que ha ocurrido disolución y precipitación de materiales disueltos en la roca-caja, y que estos procesos siguen activos en la actualidad en las zonas altas más secas, por encima del nivel de las pleamares. No obstante, la cueva es básicamente una cavidad de recubrimiento e interestratos.

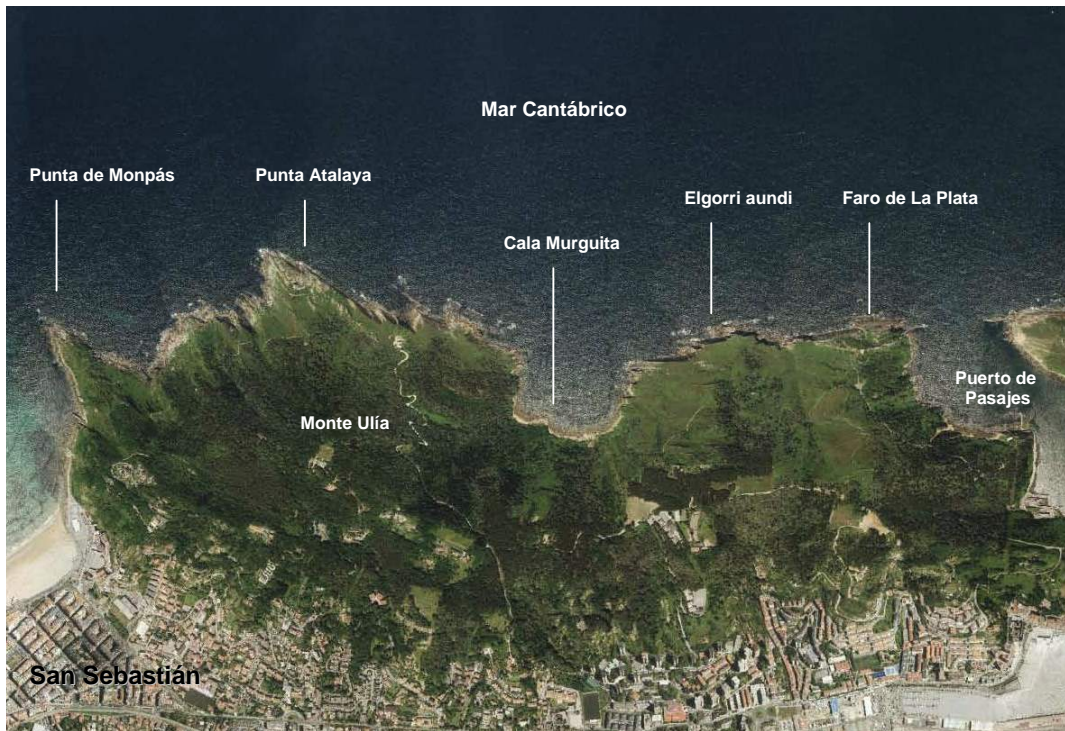


Figura 1. Acantilado de Elgorri aundi. Mapa de localización, detalle del enclave y vista aérea frontal.
Fuente imágenes: Ortofotos SIG Gipuzkoa: b5m.gipuzkoa.net.

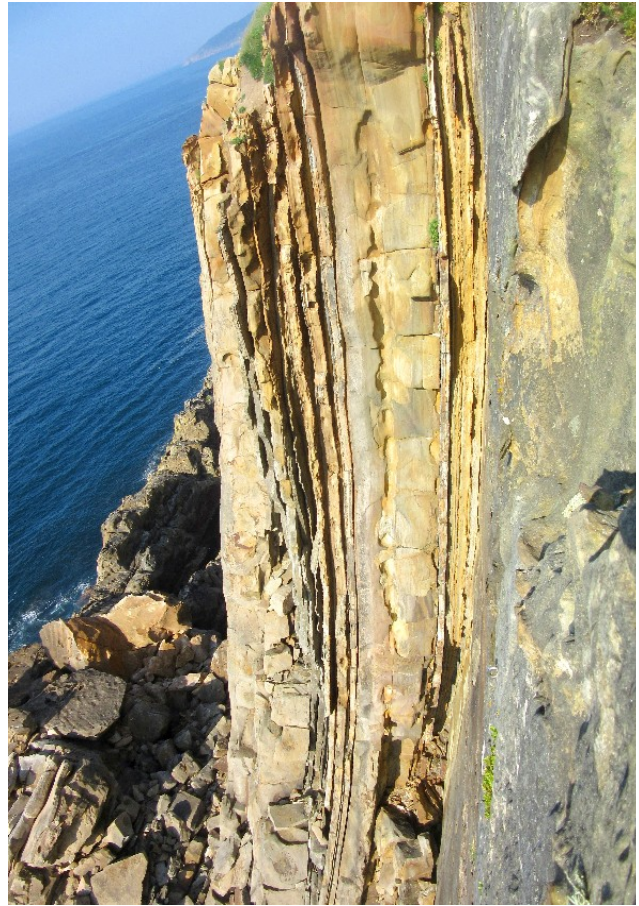


Figura 02. El faro de La Plata (al fondo) y acantilados en los enclaves de Salto y Elgorri aundi. Debajo: detalle del amplio abrigo interestratos en el acantilado de Salto.

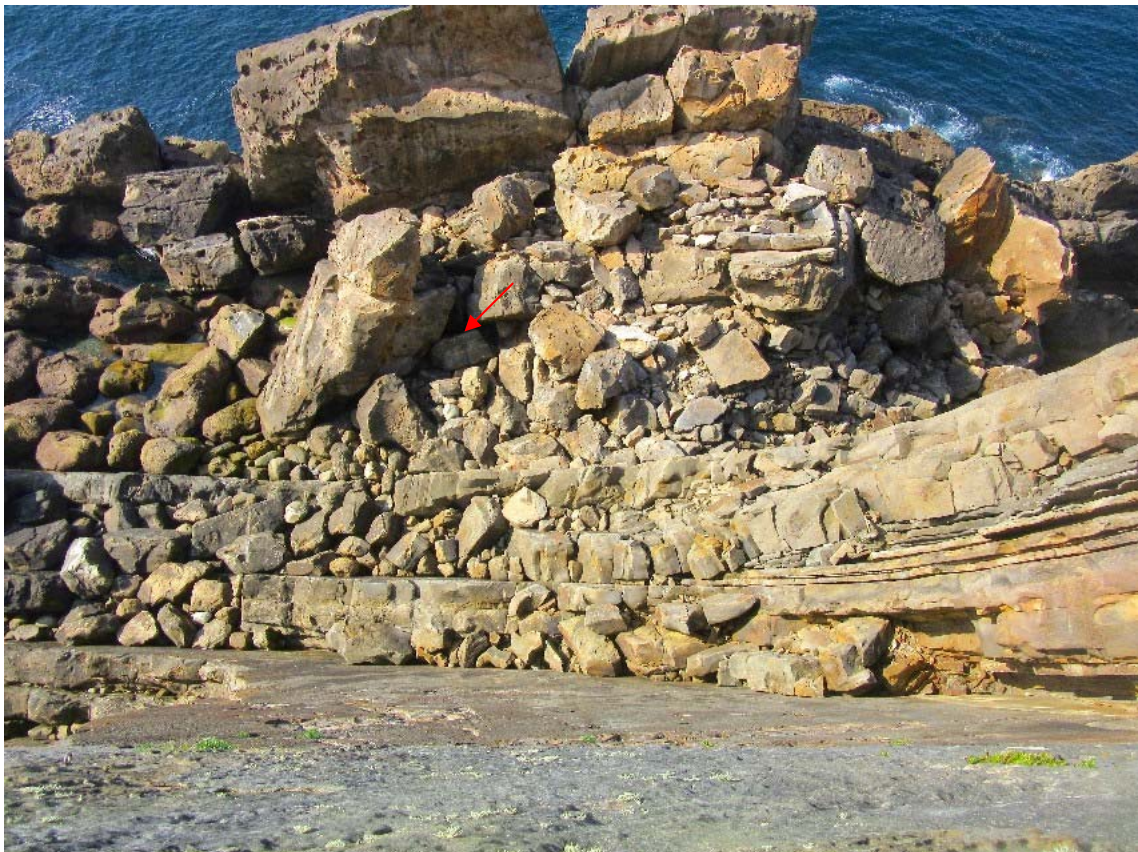


Figura 03. Elgorri aundi. Pared del acantilado de descenso y rasa mareal, con la aguda arista de Putakiya. Nótese la flexión de los estratos subverticales. La flecha roja indica la boca de acceso a la cavidad.



Figura 04. Vista en picado desde el collado entre la placa adosada y la placa principal de Elgorri aundi. En la imagen superior se aprecia la rasa mareal en el lado Este, con estratos en paralelo. En la imagen inferior: intercalaciones delgadas de lutitas y bloques acuñaos en el lado W entre las dos placas.



Figura 05. Descenso del acantilado de 45 m de desnivel. Instalando un fraccionamiento bajo el borde superior y alcanzando la base. La flecha roja indica la boca de acceso a la cueva.

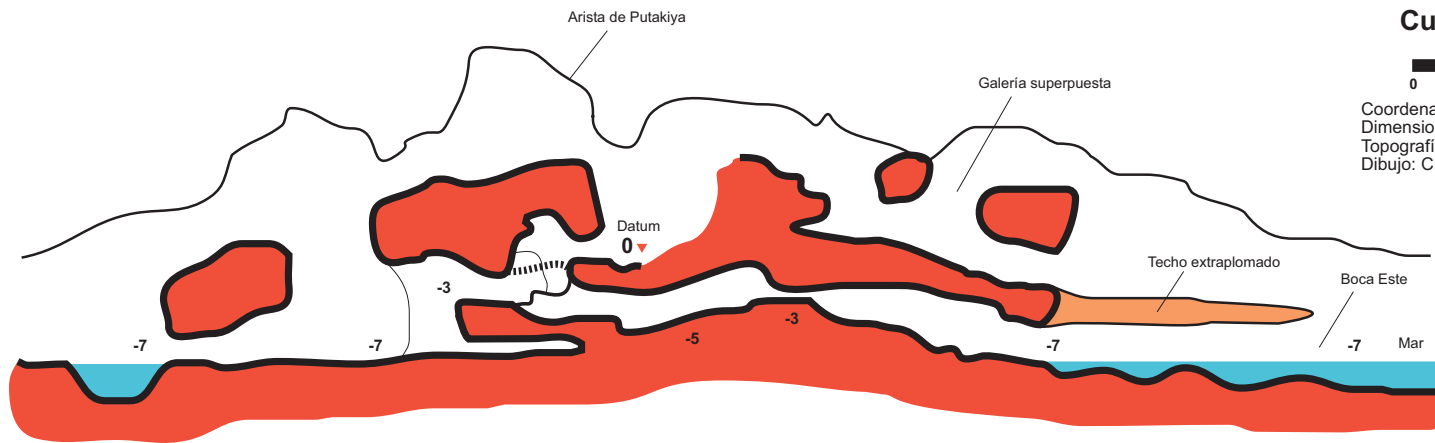


Figura 06. Secuencia del descenso de la vertical de 45 m. Puede apreciarse lo compacto de la placa y, sobre el lado izquierdo, estratos recortados y en parte rebajados por procesos kársticos de disolución intergranular.

Cueva marina de Elgorri aundi



Coordenadas UTM30N: N 4.798.608; E 585.896. Alt: 7 m snm.
 Dimensiones: Desarrollo 180 m. Desnivel -7 m.
 Topografía: C.Galán, J. Forstner & J.M Rivas. SCA. 2017.
 Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



PERFIL



PLANTA

NM

Figura 7. Plano de la cavidad.



Figura 08. Tras el descenso de la vertical hay que destrepar varios escalones para alcanzar la rasa mareal. En la imagen inferior, la boca de acceso a la cavidad, con dos aberturas entre bloques en la cota 7 m snm.



Figura 09. Galería de acceso entre grandes bloques de colapso y galería principal hacia el lado Este entre dos estratos de arenisca. Se aprecian recubrimientos de algas verdes en zona de penumbra.



Figura 10. Galería principal de la cueva. Vista hacia el E y detalle de algunas laminaciones y geoformas en la arenisca. Se aprecia también sobre las paredes algunos ejemplares de isópodos terrestres.

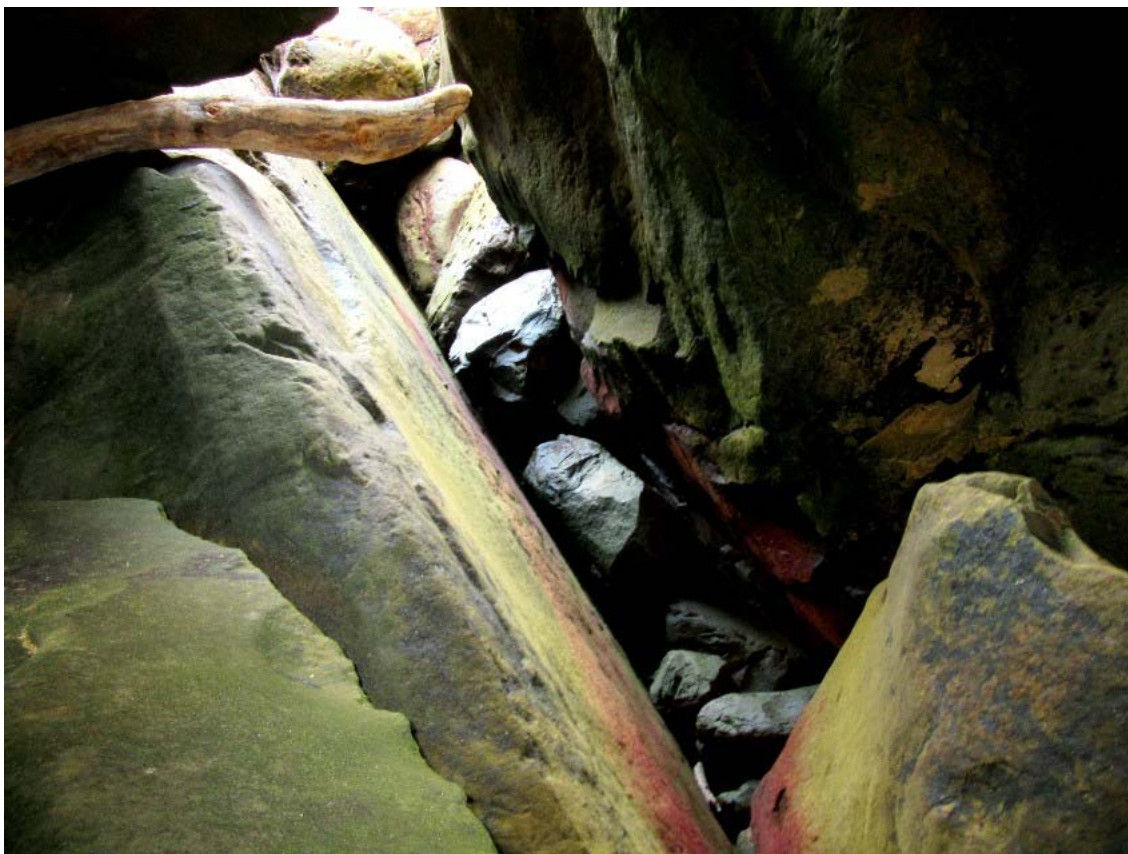


Figura 11. Resalte de -4 m en el sector W de la galería principal (imagen superior) y vista desde el W de la poza de agua de mar y la boca W de la cueva (imagen inferior). El tronco empotrado (flecha roja) es el mismo de la imagen superior y su posición coincide aproximadamente con el nivel de las pleamares vivas.



Figura 12. Grandes bloques y parte alta del estrato de Putakiya, con diversas geoformas. La flecha roja indica el lugar donde se abre el acceso a una galería superpuesta a la parte E de la galería principal de la cueva.

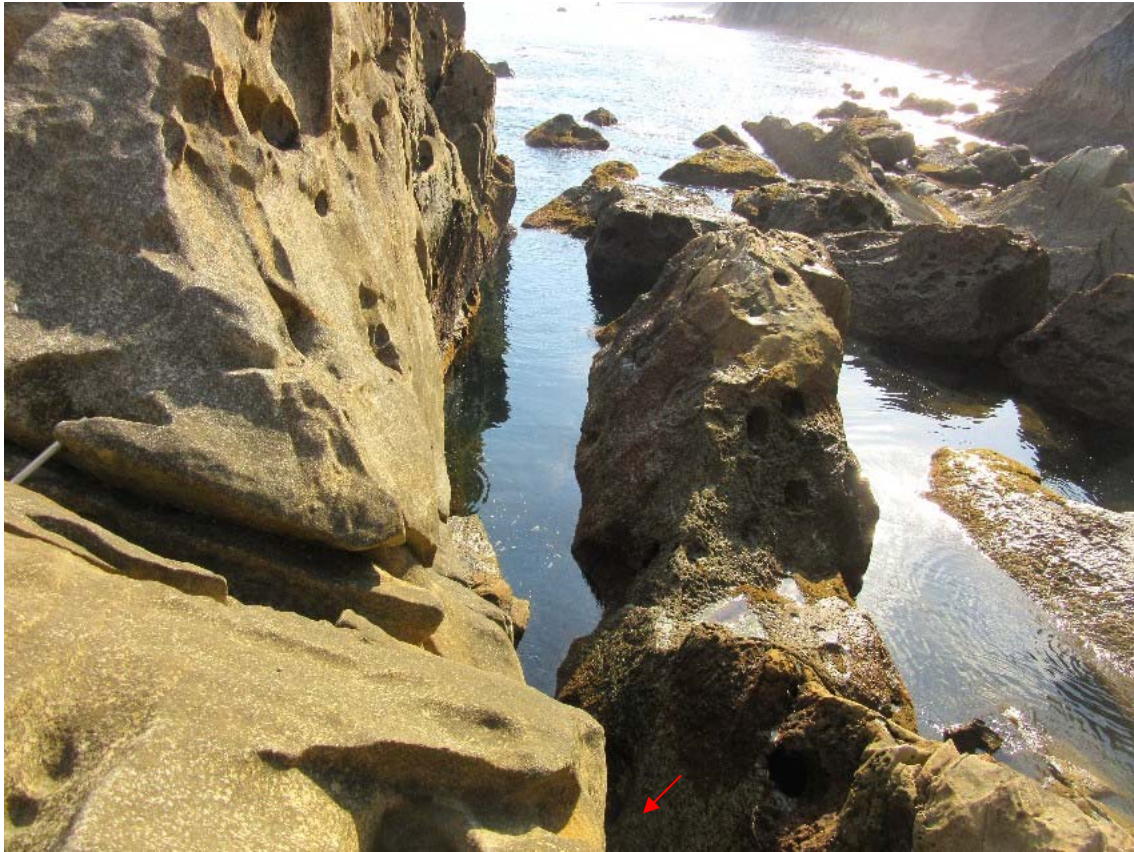


Figura 13. Corredor con bóveda en extraplomo bajo el estrato de Putakiya donde se abre la boca E de la cavidad. El acceso terrestre a esta boca no resulta posible y aún empleando cuerda requiere mojarse, por lo que optamos por acceder a nado siguiendo el corredor. Las flechas rojas indican la ubicación de la boca E.



Figura 14. Posición de las bocas E1, E2 y E3 del lado Este, con galerías paralelas. El terreno es abrupto y difícil de recorrer. En la imagen inferior pasos de escalada para acceder a la boca E2.



Figura 15. Boca E2 y galería paralela a la principal, vistas hacia el interior (arriba) y hacia el exterior (debajo). Puede apreciarse que las galerías se han formado por la remoción de estratos intercalados de lutitas.



Figura 16. Galería perpendicular de comunicación entre galerías paralelas E2 y E3, formada a expensas de una fractura de los estratos de arenisca (arriba). Natación con equipo ligero de buceo para bordear las puntas de la rasa mareal del lado E y acceder al corredor que permite alcanzar la boca inundada E1.



Figura 17. Secuencia del recorrido de acceso nadando entre corredores para alcanzar la boca E1, con marea baja viva, y regreso tras la exploración.



Figura 18. Diversas geoformas y laminaciones en los grandes bloques de arenisca de la parte alta del enclave.



Figura 19. Otros ejemplos de geofomas en los bloques del enclave: concavidades formadas por la disolución de concreciones carbonáticas esféricas en la arenisca, con laminaciones y anillos de Liesegang.



Figura 20. Detalle de laminaciones, líquenes y trazas fósiles de *Thalassinoides* en lajas y bloques de arenisca.



Figura 21. La rasa mareal hacia el lado W y base de los acantilados de Elgorri aundi (arriba). Nótese los niveles de bajamar y pleamar. Al pasar el pico de marea baja comienza a aumentar el oleaje (un día con el mar calmo, debajo). Las rociaduras de las olas con mar de fondo y durante temporales pueden superar los 10 m sobre el nivel de pleamar, afectando a toda la cueva y a los grandes bloques de la base de los acantilados.



Figura 22. La arista del estrato de Putakiya hacia el lado E y detalle de bloques acuñados entre estratos de la punta, con diversas geoformas. Nótese los bloques adelgazados y rebajados por procesos previos de disolución intergranular y karstificación de la arenisca.



Figura 23. La pared de Elgorri aundi en el punto de ascenso. Vistas desde la base y desde arriba. Nótese el escarpe lateral con diversas zonas recortadas y rebajadas por disolución intergranular y colapso de bloques.



Figura 24. Secuencia del ascenso con técnica de cuerda estática y jumars de la pared vertical de 45 m.



Figura 25. Desinstalando el anclaje de fraccionamiento y alcanzando el borde superior del acantilado de Elgorri aundi. Un abrupto litoral donde pueden encontrarse muy diversas cavidades en arenisca.

CONCLUSIONES

Los ejemplos encontrados de cavidades corresponden a espacios vacíos entre remanentes erosionales de estratos de arenisca carbonática, rebajados por erosión normal y marina, y techados por bloques de colapso. La infiltración y disolución intergranular en este caso tienen escaso impacto en la génesis de las cuevas, predominando los procesos erosivos de superficie. No obstante en las cavidades hay algunos ejemplos curiosos de geoformas y espeleotemas resultantes de la precipitación de sustancias disueltas en el interior de la roca-caja.

El conjunto muestra un fuerte control estructural, donde la karstificación de la arenisca se ve dificultada por la disposición vertical de los estratos, que obstaculiza la infiltración y propicia la erosión de las intercalaciones delgadas de lutitas. La abrasión marina, por acción de las mareas y el oleaje, afina y modela el contorno de las galerías. El agua de mar contribuye también al desarrollo de incrustaciones biológicas (= fouling) y tapices de algas. La fauna encontrada es parte de la fauna litoral marina, común en intersticios, fisuras y cubetas de la rasa mareal. La mayoría de las especies de esta fauna litoral no posee adaptaciones especiales para la vida hipógea, pero algunas son de hábitos marcadamente oscurícolas y capaces de completar su ciclo de vida en zona oscura, por lo que podrían considerarse formas troglófilas especializadas en utilizar este medio, rico en recursos tróficos.

Los sistemas de cuevas encontrados reúnen algunos rasgos singulares y resultan ilustrativos del modelado de los acantilados del frente costero del litoral de Ulía, así como de otros sectores del litoral donde predomina la estratificación vertical. La arenisca de edad Eoceno de la Formación Jaizkibel presenta así una considerable variedad de enclaves, cavidades y rasgos geomorfológicos, a tenor de qué factores resultan predominantes en su karstificación y/o erosión de superficie. El trabajo agrega nuevos datos a los previamente reportados para el conjunto de esta Formación y simplemente por ello resulta de interés.

AGRADECIMIENTOS

A Marian Nieto, por su ayuda en las primeras prospecciones del sector. A varios colegas que actuaron de revisores, adscritos a Biosphere Consultancies (United Kingdom), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y Sociedad de Ciencias Aranzadi, por la 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. Versión PDF de Conferencia.audiovisual Hondarribia, Flysch C.Vasca. Web aranzadi-sciences.org, 82 pp.
- Galán, C. 2017. Fauna cavernícola en zona litoral en la arenisca de Ulía (Formación Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C. & J. Forstner. 2017. Acantilado Norte de Punta Atalaya: sima y geoformas en arenisca (País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 40 pp.
- 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.; 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. 2013. Cuevas en arenisca y caliza arenosa en los acantilados del faro de Igueldo (San Sebastián, País Vasco). Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 31 pp.
- Galán, C.; J.M. Rivas & J. Forstner. 2017. Notas sobre la exploración de una cueva marina interestratos en Monpás (Ulía). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 26 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.
- Stock, J.; T. Illiffe & D. Williams. 1986. The concept of "Anchialine" reconsidered. *Stygologia*, 2 (1-2): 90-92.