

CAVIDADES EN ARENISCA EN EL VALLE COLGADO DE TXIMISTARRI (LITORAL DE IGUELDO).
Cavities in sandstone in the hung valley of Tximistarra (Igueldo's littoral).



Carlos GALÁN, Marian NIETO & Juliane FORSTNER.
Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Mayo 2019.

CAVIDADES EN ARENISCA EN EL VALLE COLGADO DE TXIMISTARRI (LITORAL DE IGUELDO).

Cavities in sandstone in the hung valley of Tximistarri (Igueldo's littoral).

Carlos GALÁN, Marian NIETO & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Mayo 2019.

RESUMEN

El litoral de Igueldo (San Sebastián, País Vasco) presenta una estructura monoclin, con buzamiento pronunciado hacia el Norte. Las rocas aflorantes constituyen una serie de turbiditas abisales de edad Eoceno (Formación Jaizkibel) compuesta por estratos gruesos de arenisca, separados unos de otros por intercalaciones delgadas de lutitas. En la zona de Tximistarri, el frente costero presenta acantilados abruptos que recortan un pequeño valle cataclinal, dejando colgado su tramo superior. Los acantilados presentan a su vez abrigos interestratos fuertemente entallados, así como bloques de colapso. En este contexto se desarrolla un conjunto de cavidades, bajo control estructural, formadas por disolución intergranular de la arenisca, erosión marina y remoción de los paquetes de lutitas intercalados en la serie, con rasgos originales, que son descritos en este trabajo.

Palabras clave: Karst en arenisca, Cuevas de recubrimiento, Hidrogeología, Geomorfología, Biología subterránea, Espeleología.

ABSTRACT

The coastline of Igueldo (San Sebastian, Basque Country) presents a monoclinic structure with steep dip to the north. The outcropping rocks constitute a series of abyss turbidites of Eocene age (Jaizkibel Formation) composed of thick layers of sandstone, separated from each other by thin intercalations of lutites. In the zone of Tximistarri, the coastal front presents / displays abrupt cliffs that trim a small cataclinal valley, leaving hung its superior section. The cliffs present tightly interstratified shelters, as well as blocks of collapse. In this context a set of cavities is developed, under structural control, formed by intergranular dissolution of the sandstone, marine erosion and removal of the lutites packs interspersed in the series, with original features, which are described in this work.

Keywords: Karst in sandstone, Coating caves, Hydrogeology, Geomorphology, Subterranean Biology, Speleology.

INTRODUCCION

La Formación Jaizkibel está constituida por una espesa secuencia de turbiditas abisales (de edad Eoceno, Terciario), la cual alterna estratos gruesos de arenisca carbonática con otros delgados de lutitas y margas. El espesor preservado de la serie alcanza 1.500 m de potencia (Campos, 1979). En las zonas donde los estratos de arenisca son más gruesos se producen procesos de karstificación, por disolución intergranular de la arenisca y procesos clásticos de descompresión mecánica de la roca-caja (Renault, 1970; Maire, 1980), que acompañan al avance de la erosión normal y marina en el frente costero.

Estos procesos generan un gran número de cavidades, abrigos y geoformas, a distintas escalas. En su mayoría se trata de cuevas de recubrimiento e interestratos, con escasa actividad hídrica y de moderadas dimensiones. Las cavidades mayores hasta ahora exploradas alcanzan 250 m de desarrollo y -70 m de desnivel (Galán, 2001, 2013; Galán et al, 2009, 2013).

El litoral de la cadena costera Igueldo-Mendizorrotz es muy extenso y se desarrolla a lo largo de 10 km entre San Sebastián y Orio. Posee diversas puntas, entrantes, acantilados, placas costeras y zonas de bloques, constituyendo una costa abrupta difícil de recorrer, que encierra múltiples enclaves poco o nada conocidos. Muchos de ellos se localizan en zonas de difícil acceso, limitados y protegidos por escarpes y acantilados que requieren el empleo de cuerda o de técnicas verticales para acceder a los mismos. De modo que cada sucesiva exploración de nuevos parajes de este tipo, aporta con frecuencia el hallazgo de cavidades interesantes. Bien sea por algún aspecto geológico, biológico, o por los peculiares rasgos geomorfológicos y topográficos de sus cuevas.

En este trabajo revisamos un curioso enclave situado en la zona W de Tximistarri, donde un pequeño valle colgado, recorrido por un arroyo, intercepta un acantilado costero, limitado entre dos escarpes laterales escalonados. El relieve es curioso y las aguas del arroyo parecen infiltrarse -en parte- entre los estratos de arenisca antes de alcanzar el borde. El trabajo describe los principales rasgos de este enclave y de las cavidades descubiertas.

MATERIAL Y METODOS

En las exploraciones se utilizaron frontales Leds, técnicas verticales de cuerda estática y jumars, e instrumental Suunto de precisión (brújula, clinómetro y cinta métrica) para la topografía. Algunas muestras de fauna cavernícola litoral y de espeleotemas fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Se tomaron fotografías con una cámara digital Panasonic, a fin de ilustrar los principales rasgos de las cavidades y su entorno.

RESULTADOS

El área de estudio comprende una franja de 120 m, localizada en la parte W de Tximistarri, sector denominado Etxezuri, donde desemboca en el mar Cantábrico el pequeño arroyo o erreka de Itxaso. Este arroyo, de régimen hídrico temporal, se extiende 400 m desde su cabecera de cuenca (en la ladera del monte, bajo la carretera de Igueldo), siguiendo un trazado N-S hacia el mar, pero su tramo inferior ha sido recortado por un acantilado o placa costera, dejando el valle colgado.

La pequeña placa está limitada al W por un escarpe vertical de 52 m de desnivel, que forma el entrante topográfico denominado por los marinos Banzukarko zuloa. El enclave está situado en la parte centro-oeste de la cadena litoral monoclinal de Igueldo, en el término municipal de San Sebastián. Al E de la placa hay otro pequeño escarpe lateral, en relieve positivo y con abrigos interestratos, que separa el sector de una placa mayor denominada Lurmandako Arlastra. De modo que el área de estudio queda limitada entre dos placas, escalonadas de E a W.

El talweg del arroyo, al alcanzar la placa costera, queda cortado y forma sobre él un vallecito colgado con sección en U y fondo relativamente plano (entre cotas de 24 y 20 m snm). En el borde de la placa, las coordenadas ETRS89, UTM 30N son: N 4.796.810, E 578.470; altitud: 20 m snm. Las aguas del arroyo o vaguada de Itxaso, según la foto aérea y la cartografía, parecían infiltrarse entre los estratos de arenisca en este sector de fondo plano, derivando subterráneamente hacia los abrigos interestratos de la base del entrante extraplomado de Banzukarko zuloa. Lo que sugería la existencia potencial de cavidades que enlazaran ambos puntos. En adición, el enclave posee varios abrigos y áreas con bloques de colapso, al pie de los escarpes y sobre la línea litoral, con la posibilidad de albergar cuevas de recubrimiento de cierta extensión (Figuras 01 á 03). A continuación presentamos la descripción del enclave y de las cavidades y geoformas descubiertas, siguiendo el orden de su exploración.

En el sector, los estratos de arenisca (de 2-4 m de espesor) están separados unos de otros por delgadas intercalaciones de lutitas y margas, cuyo espesor alcanza desde 2-3 cm á 20 cm, en la mayoría de las ocasiones. Los estratos buzcan 45° hacia el Norte y presentan diversos sistemas de fracturas. La fracturación se incrementa en las zonas de borde de los escarpes, por procesos clásticos de descompresión mecánica.

El descenso hacia el valle colgado se efectúa desde un pequeño mirador en la cota +52 m snm. En el lado W bajo el mirador los estratos extraploman en el escarpe, sobre el entrante o gran abrigo de Banzukarko. El descenso es expuesto y conviene asegurarlo con cuerda, siguiendo un espolón que baja hacia el NE, directamente hacia el collado en U de la cota +20 m. El arroyo, de escaso caudal, forma pozas de agua y se precipita deslizando en cascada sobre la placa costera. El caudal del tramo superior del arroyo es mayor que el que llega a la cascada. Parte del mismo se filtra entre los estratos y circula subterráneamente, tanto hacia el abrigo de Banzukarko como hacia un recorte inferior que presenta la placa litoral. Pequeños caudales emergen también a través de fisuras. En los bloques de colapso basales hay diversas concreciones y paramoudras, los mayores de ellos (de estructura serrada) son apreciables desde la cota +20 m snm. En el collado existen pequeñas cuevas y abrigos interestratos, con pozas de agua, formados por disolución y remoción de las intercalaciones de lutitas. El escarpe E sólo forma un abrigo poco profundo, con numerosos bloques, producto de la rotura del estrato superior y del deslizamiento de los tramos fracturados (Figuras 4 á 10).

Una larga cornisa recorre en diagonal la placa, hacia una arista delgada que extraploma sobre los bloques basales del entrante de Banzukarko. El abrigo tiene un área techada de +52 m de altura, 20 m de anchura en su base, y otro tanto de largo bajo la línea de goteo, prolongándose en semicírculo bajo la arista W. En los estratos del techo del interior del abrigo son visibles surgencias de pequeños flujos de agua y rebordes dentados en saliente con numerosas diaclasas ortogonales. La placa que sigue hacia el W presenta a su vez distintos sistemas de fracturas, oblicuas e irregulares (Figuras 11 á 15). Entre los bloques basales del abrigo, algunos de ellos de grandes dimensiones, se desarrollan distintas cuevas de recubrimiento. Igualmente, en la placa, se aprecian planos de estratificación ampliados por disolución de la arenisca y remoción de las intercalaciones de lutitas.

El descenso hacia la base de la placa desde la cornisa requiere cuerda, ya que presenta franjas con algas verdes y negras muy deslizantes. Se alcanza entonces la orla litoral, con tapices de algas rojas y numerosos cirrípedos *Balanus* (dientes de perro). Esta zona queda cubierta por el agua de mar durante las pleamares (Figuras 16 y 17). En esta zona, entre grandes bloques de colapso, se han formado numerosas cuevas de recubrimiento, algunas de hasta 20 m de desarrollo espacial. En ellas se encuentran en los niveles inferiores numerosos percebes, mejillones, cangrejos, caracoles marinos y otras especies de fauna litoral (Figuras 18 y 19). Estas cuevas tienen sectores en oscuridad total y por encima del nivel de pleamar contienen galerías secas, con diversas espeleotemas y geoformas. Entre ellas destacan en las bóvedas y paredes pequeñas espeleotemas grises de ópalo-A (de formas tubulares y botrioidales) y films milimétricos blancos de sulfatos de aluminio amorfo (Figura 20).

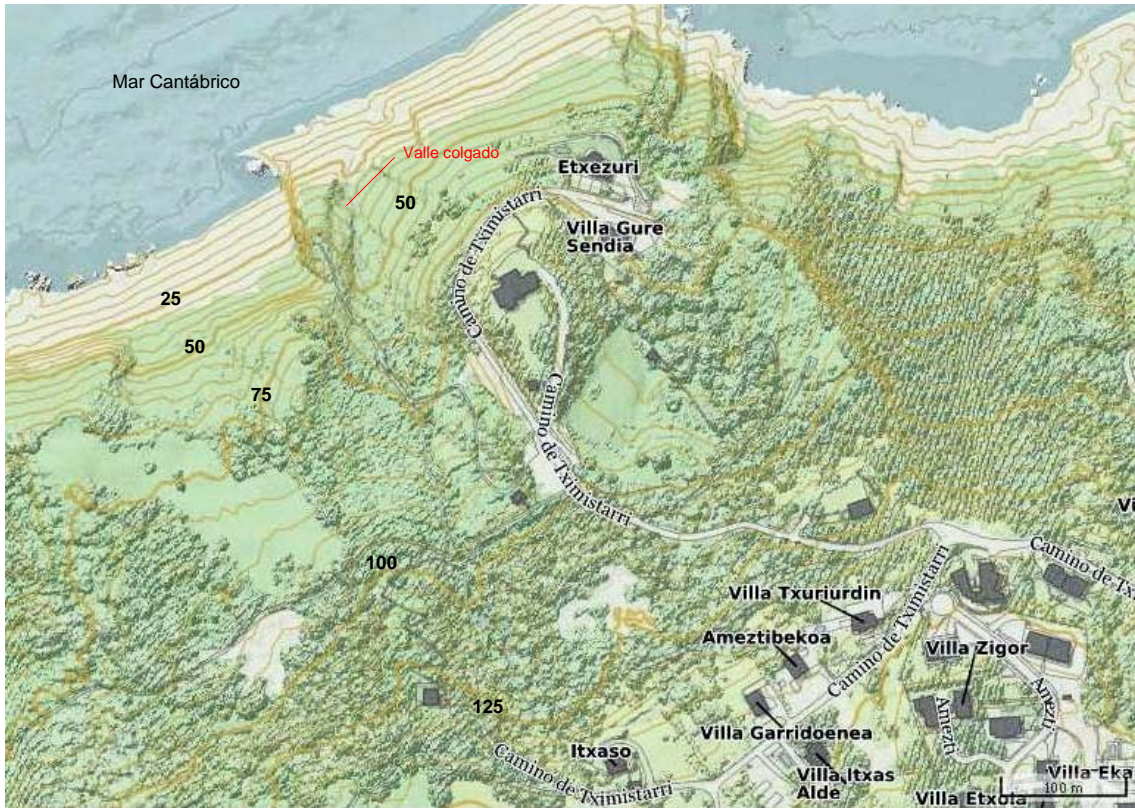


Figura 01. Plano y foto aérea con situación del valle colgado de Itxaso, en el litoral de Tximistarri. Fuente: Cartografía digital de Gipuzkoa: b5m. Se aprecia el escarpe W de Banzukar y el escarpe E con la placa de Lurmandako Arlastra.



Figura 02. Vista del valle colgado y la placa costera, con los escarpes E y W. Fuente: imagen de Google Earth (arriba) y b5m (debajo). Se aprecia el mirador en la cota +52 m snm; el valle seccionado en U por la placa costera en la cota +20 m snm; la cornisa diagonal y arista que limita el abrigo de Banzukarko zuloa y el pequeño escarpe E sobre la placa de Lurmandako Arlastra, así como un recorte inferior (bajo el valle en U) y bloques de colapso.



Figura 03. Vista desde otro ángulo (desde el NW) sobre el valle colgado y la placa costera. Se aprecia la curiosa geometría del sector, con los escarpes escalonados a E y W, el valle cortado en U y el gran abrigo del entrante de Banzukarko zuloa, de 52 m de alto. El buzamiento de las placas es de 45°N. Fuente imágenes: ortofotos b5m.



Figura 04. Camino de acceso al mirador, con el valle de Itxaso a su izquierda (arriba) y vista hacia el W desde el mirador sobre la placa del entrante de Banzukar (debajo).

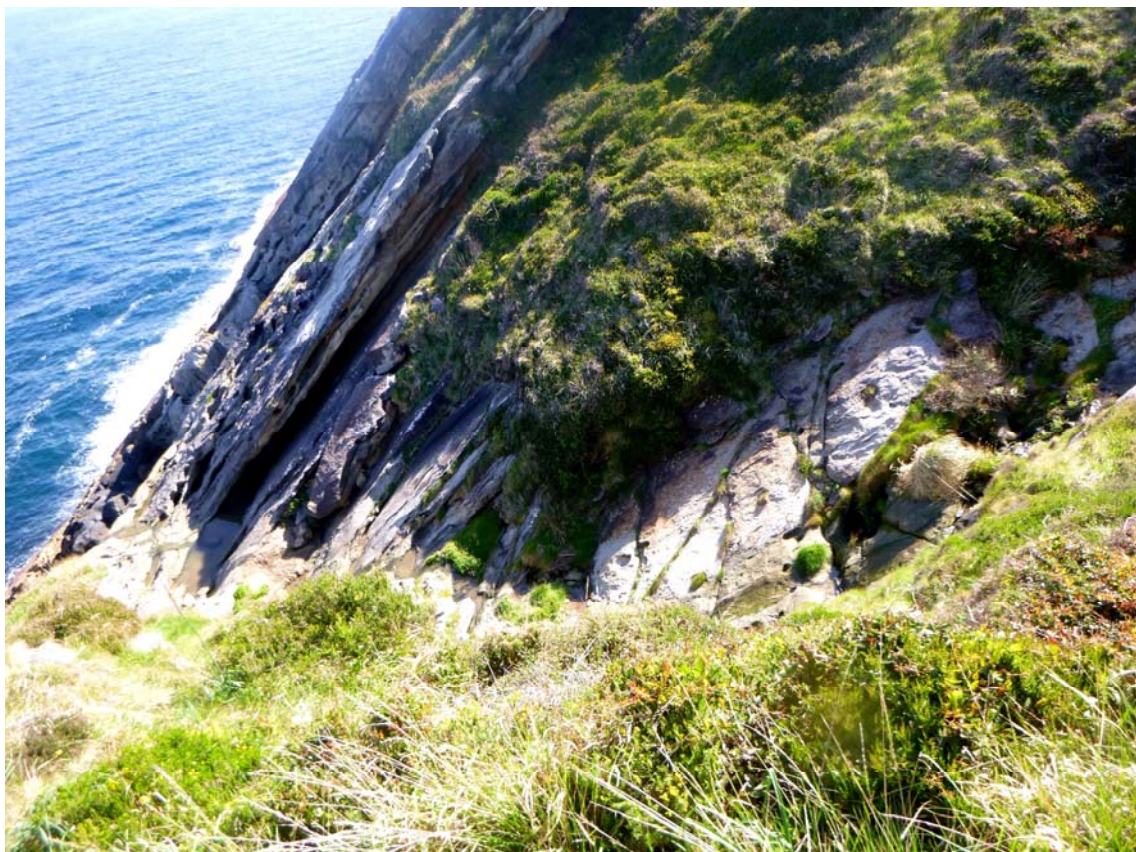
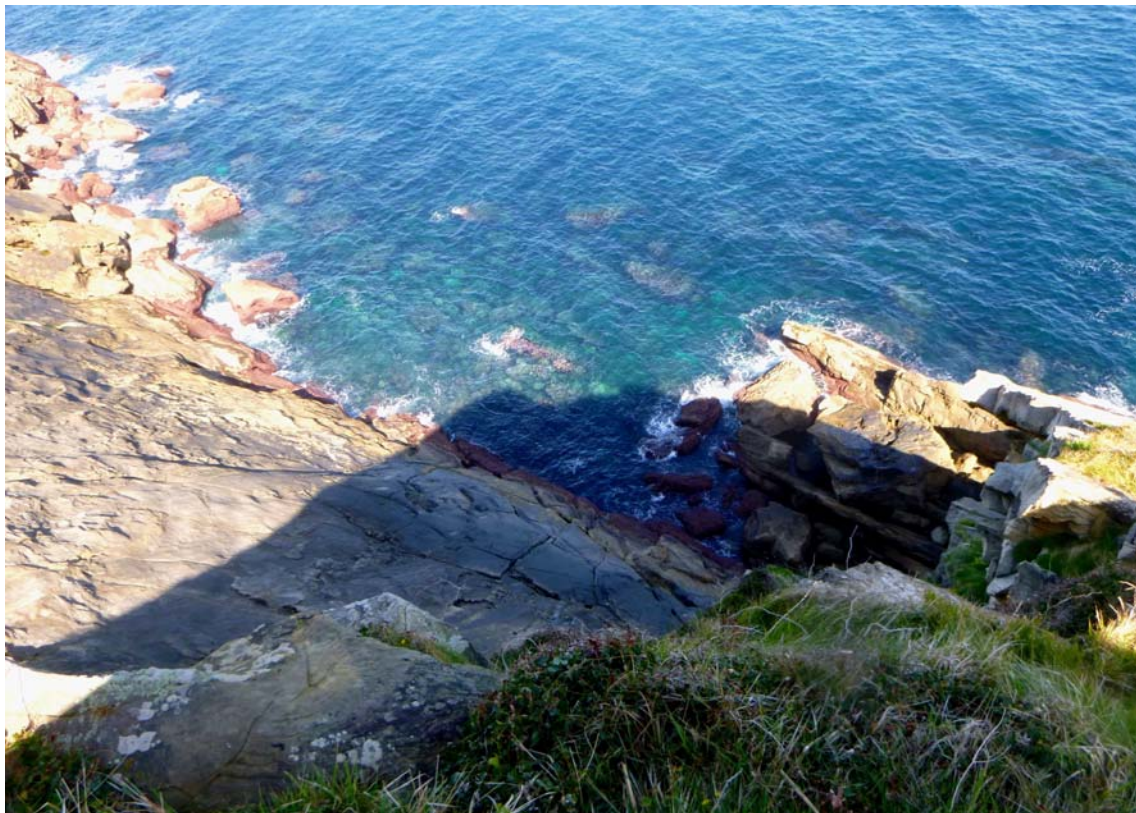


Figura 05. Vista en picado sobre el entrante de Banzukarko zuloa (arriba). Y vista hacia el col del valle colgado en la cota +20 m snm, desde la parte superior de la ruta de descenso (debajo). Se aprecian abrigos interestratos.



Figura 06. Descenso del espolón hacia el collado de la cota +20 m, con pozas de agua en el cauce.



Figura 07. Parte inferior de la ruta de descenso desde el mirador hacia el collado de la cota +20 m, con pozas de agua y abrigos interstratos. Se aprecia también parte del escarpe E (al fondo) y bloques de colapso. Parte del caudal del arroyo desliza en cascada sobre la placa inferior.



Figura 08. Pequeñas cavidades interestratos en la zona donde el valle es recortado por la placa costera (cota +20 m). Parte del caudal percola y se infiltra entre los planos de estratificación y en los abrigos.

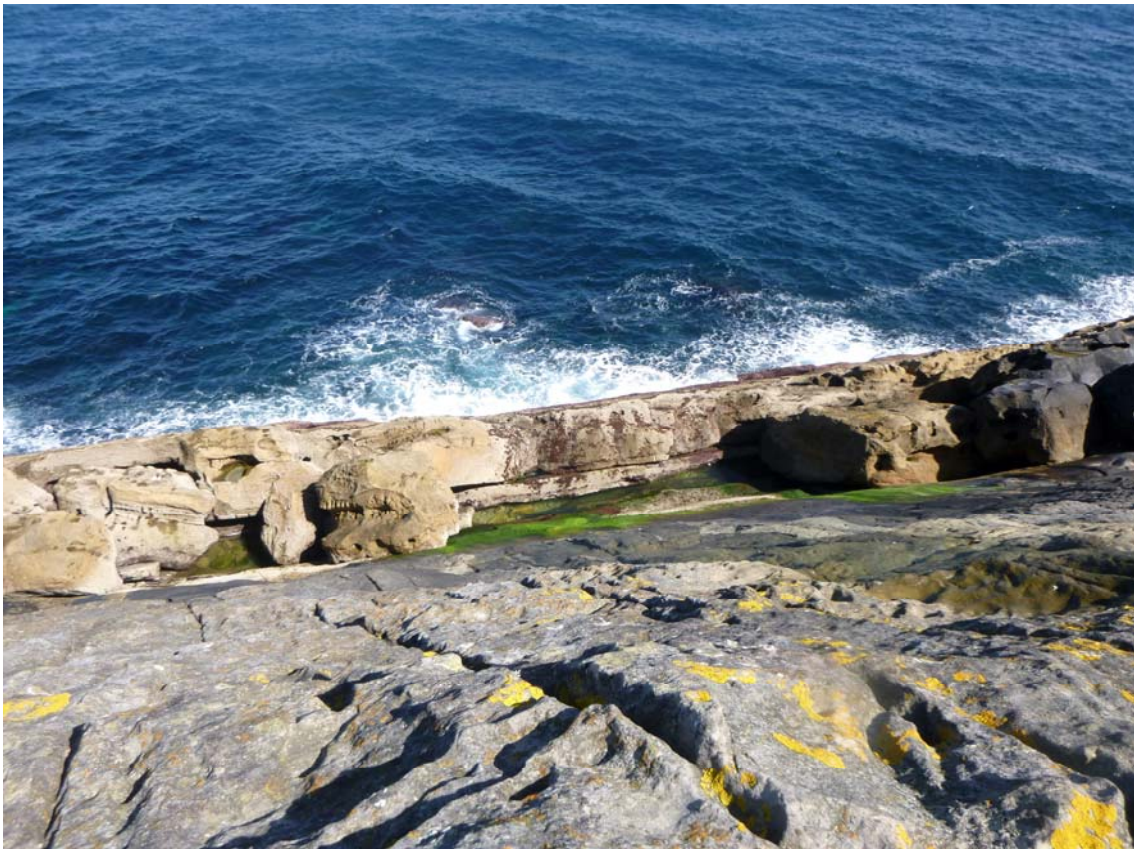


Figura 09. Collado en U en la cota +20 m (arriba) con el flujo de agua que cae en cascada sobre la placa (debajo). En los bloques inferiores se encuentran diversos ejemplos de paramoudras y concreciones carbonáticas.

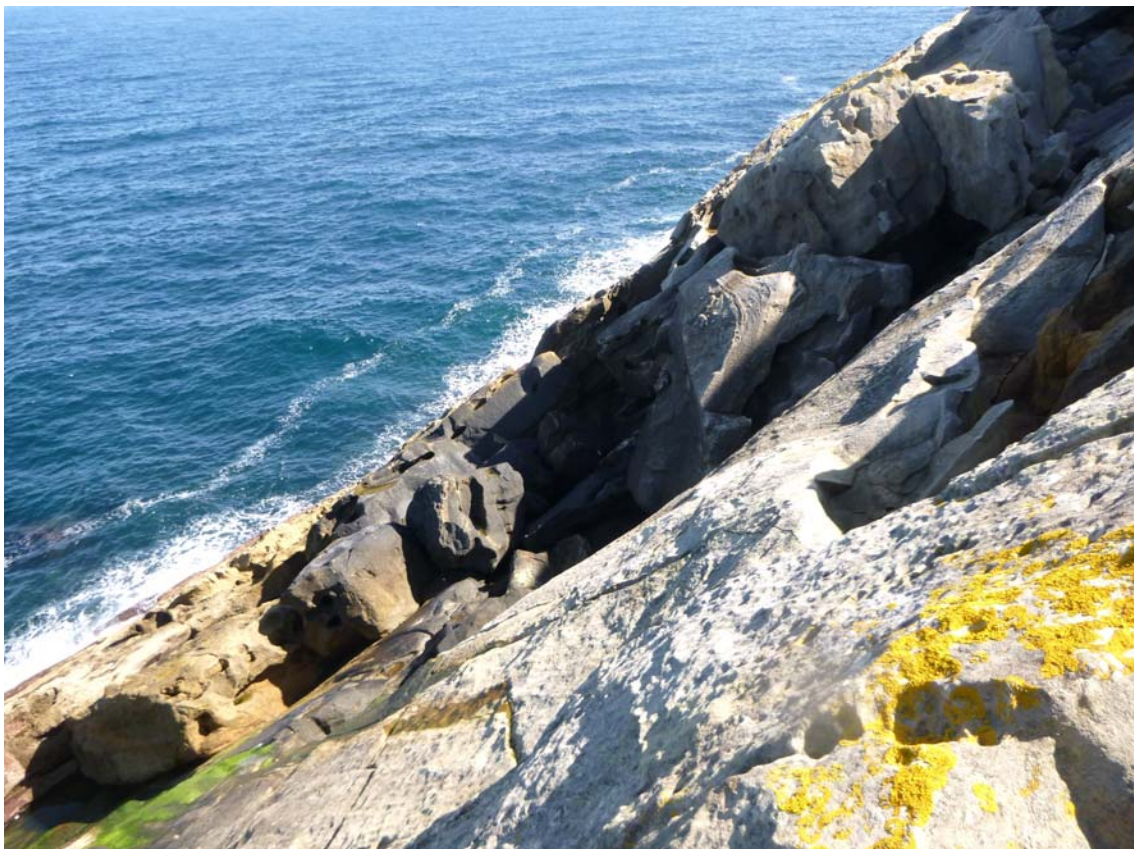


Figura 10. Flujo de agua hacia la cascada sobre la placa (arriba) y flujos surgentes de un recorte inferior de la placa (debajo). La surgencia de distintas láminas de agua evidencia la existencia de pequeñas circulaciones subterráneas interestratos y a expensas de fracturas.

Las zonas habitualmente inundadas albergan también galerías en oscuridad, con pozas de agua de mar, recubrimientos de algas, acumulaciones de restos de las mismas, madera y detritos orgánicos diversos, que sirven de alimento a un conjunto de especies marinas, litorales y terrestres, variablemente cavernícolas (Figuras 21 y 22).

Estas cuevas de recubrimiento e interstratos en zona litoral constituyen así un medio transicional por partida doble, ya que constituye una zona de frontera entre las aguas del mar y el medio continental, y entre biotopos epígeos e hipógeos. Su extensión es considerable, ya que además de cuevas a escala humana comprende también una amplia red de mesocavernas, utilizables por los animales cavernícolas. Es un medio rico en recursos tróficos y desde el punto de vista ecológico representa una de las vías de colonización de las aguas subterráneas kársticas continentales por formas de origen marino. Al igual que el intersticial de las playas, constituye un medio transicional utilizado por invertebrados de origen marino para ganar las aguas subterráneas; de hecho, muchas estirpes de copépodos, isópodos y anfípodos stygobios han seguido esta vía remontante en sus primeras fases de colonización del karst (Glynne-Williams & Hobarts, 1952; Morton, 1954; Richoux, 1971; Juberthie, 1983; Galán, 1993, 2017; Galán & Nieto, 2016; Henry, 1981; Hessler 1971). De igual modo es posible que algunos grupos de troglobios terrestres, en distintas partes del mundo, tales como isópodos Philoscidae, anfípodos Talitridae, pseudoescorpiones Chthoniidae, grillos *Caconemobius* (Gryllidae) y tisanuros Machilidae, puedan derivar de ancestros habitantes de este medio en zona litoral (Jass & Klausmeier, 2006; Harvey, 1989; Howarth, 1986; Galán, 2001, 2013, 2017; Rivera et al, 2002; Stock et al, 1986).

En las zonas en penumbra de las cuevas que resultan invadidas por el mar existen tapices de algas verdes en las partes más bajas, seguidas de otra franja intermareal donde crecen algas rojas. En esta zona se encuentran muchas especies litorales sin adaptaciones específicas para la vida hipógea. Entre otras: moluscos gasterópodos, bivalvos, poliplacóforos, crustáceos cirrípedos, decápodos, isópodos marinos, esponjas silíceas, briozoos y poliquetos serpulidos.

En zona oscura, en la parte aérea intermareal con fragmentos detríticos, son comunes pequeños poliquetos errantes, tubícolas y perforadores; nemertinos; isópodos *Cyathura*; bivalvos *Kurtiella*; y otros microartrópodos litorales indeterminados. En las galerías secas, la fauna terrestre incluye algunos araneidos e isópodos troglófilos tales como *Ligia oceanica* (Ligiidae) y *Porcellio scaber* (Porcellionidae). Generalmente se los encuentra sobre superficies rocosas, próximas a depósitos de detritos. *L. oceanica* puede considerarse una especie litoral y con frecuencia penetra en la zona intermareal, sobre sustratos húmedos con algas marinas, muy cerca del agua de mar. Entre los restos de algas y bajo piedras también se encuentra el anfípodo terrestre *Orchestia gammarellus* (Talitridae), siempre en el nivel inferior de las cuevas. Son frecuentes también los tisanuros *Petrobius maritimus* (Machiloidea: Machilidae). Esta especie se refugia en grietas y bajo piedras. En las cuevas de recubrimiento, resulta conspicuo en las zonas bajas próximas al agua de mar, moviéndose sobre las paredes (en la cercanía de isópodos y araneidos de la asociación parietal), y se lo encuentra también en grandes números en los detritos húmedos de algas arrojados por la marea. Los artrópodos terrestres más típicamente marinos de estas cuevas están representados por *Petrobius maritimus*, el isópodo *Ligia oceanica* y el anfípodo *Orchestia gammarellus*. La ausencia de troglobios típicos y la composición de las biocenosis (con una gradación desde habitats marinos hasta otros continentales, acuáticos y terrestres), hacen de estas cuevas un medio transicional singular en muchos sentidos.

Por encima de la línea de costa, la placa litoral presenta algunos otros tipos de geoformas. Destaca la ocurrencia de una franja de microlapias litoral, con numerosas oquedades, formadas por disolución superficial de la arenisca, debido a una acción mixta de las precipitaciones y salpicaduras del oleaje (Figura 23). También encontramos el ejemplo de una pequeña cavidad formada por disolución, a expensas de una estructura de escape de fluidos. Las estructuras de escape de fluidos se generan por compactación de las turbiditas y expulsión de aguas porales durante fases tempranas de su diagénesis. También existe la hipótesis de que pueden ser debidas a la ocurrencia de emisiones hidrotermales y de sulfuro de hidrógeno o metano, procedentes de la zona profunda. En cualquier caso, esta estructura de deformación ha sido ampliada por disolución, formando una pequeña cueva cuya bóveda posee microformas alveolares en roca arenizada (= decementada) (Figura 24).

A lo largo del ascenso y en bloques superiores se pueden apreciar también otras oquedades, cavitaciones y geoformas formadas por procesos de disolución en las areniscas (Figuras 25 y 26).

En el enclave estudiado, aunque no encontramos cuevas de gran desarrollo, existe todo un conjunto de geoformas, abrigos y cuevas de recubrimiento e interstratos, que suman decenas a centenares de metros de espacios hipógeos. Estas poseen diversos rasgos de interés, incluyendo espeleotemas y todo un conjunto de especies litorales y terrestres, variablemente cavernícolas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La mayor parte de las cavidades descritas son de modestas dimensiones, desarrollándose bajo bloques y estratos, en buena parte en zona de penumbra. Pero hay además galerías en zona oscura y, sobretudo, un extenso conjunto de cavidades menores, no penetrables, a escala de mesocavernas, que aunque no permiten el paso del ser humano, están en continuidad y constituyen un hábitat hipógeo extenso, susceptible de ser habitado por una gran diversidad de especies de invertebrados, variablemente cavernícolas (Galán, 2001, 2013, 2017; Galán & Nieto, 2016).



Figura 11. Cornisa diagonal en la placa costera. Se aprecia al fondo el escarpe E, con abrigos interestratos, y planos de estratificación ampliados por disolución intergranular de la arenisca y remoción de los niveles de lutitas Intercalados en la serie.



Figura 12. Arista de la placa en el escarpe W y vista hacia la placa de Banzukar. La arista extraploma 6 m sobre el relleno de bloques de la base del entrante de Banzukarko zuloa. Durante marea baja viva.



Figura 13. Descenso hacia el entrante de Banzukarko zuloa y geoformas en las paredes internas del amplio abrigo, de 52 m de altura. Se aprecia varios estratos con fracturas ortogonales, generadas por procesos clásticos de descompresión mecánica en los bordes externos.



Figura 14. Detalle de las mallas de fracturas en estratos, con bordes dentados, por el colapso de fragmentos. Puede apreciarse pequeñas filtraciones laminares que emergen entre los planos de estratificación. En la imagen inferior, la continuación del abrigo sobre la placa de Banzukar, con fracturas y geoformas adicionales.



Figura 15. Recorrido desde la cornisa que atraviesa la placa, siguiendo la arista que extraploma sobre el escarpe W.

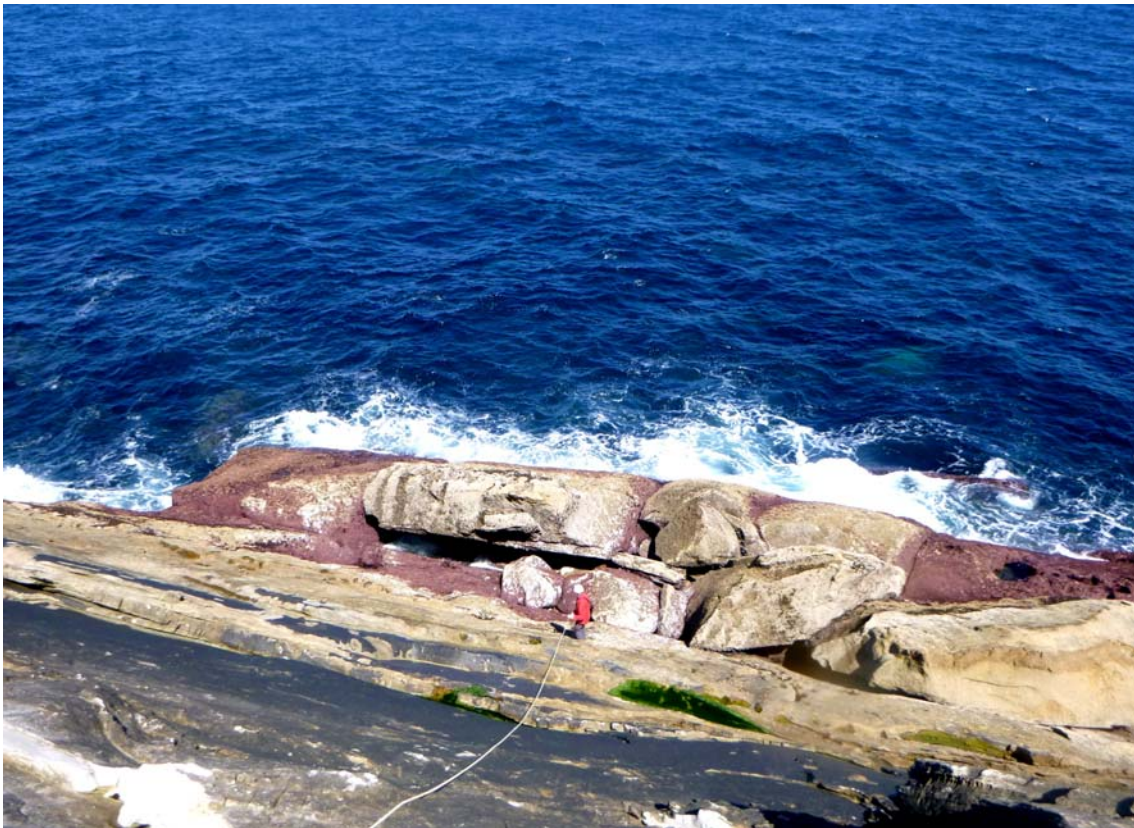


Figura 16. Descenso hacia la zona de bloques en la base de la placa. El buzamiento es de 45°N y las zonas con algas negras resultan muy resbaladizas cuando están húmedas. La zona de algas rojas queda cubierta en marea alta.



Figura 17. Zona de bloques de colapso en la parte basal de la placa, durante marea baja viva. El sector con algas rojas y cirrípedos (dientes de perro) queda cubierto durante las pleamares, ya que la amplitud de las mareas llega a alcanzar 4,5 m entre la baja y la alta. Las cuevas de recubrimiento inferiores quedan entonces sumergidas.



Figura 18. Bloques de colapso con concreciones y cuevas de recubrimiento (arriba). Pilancones y marmitas de gigante en el estrato basal exterior, descubiertos y con pozas de agua de mar durante la marea baja (debajo).



Figura 19. Pequeñas cavidades entre y bajo bloques en zona infralitoral, con abundancia de percebes y mejillones.



Figura 20. Cuevas de recubrimiento en zona supralitoral, con galerías secas por encima del nivel de pleamar. Algunas de estas cuevas alcanzan varias decenas de metros de desarrollo, poseen espeleotemas y geoformas, así como una fauna transicional, variablemente cavernícola, que incluye desde especies marinas y litorales hasta invertebrados continentales de agua dulce y terrestres.

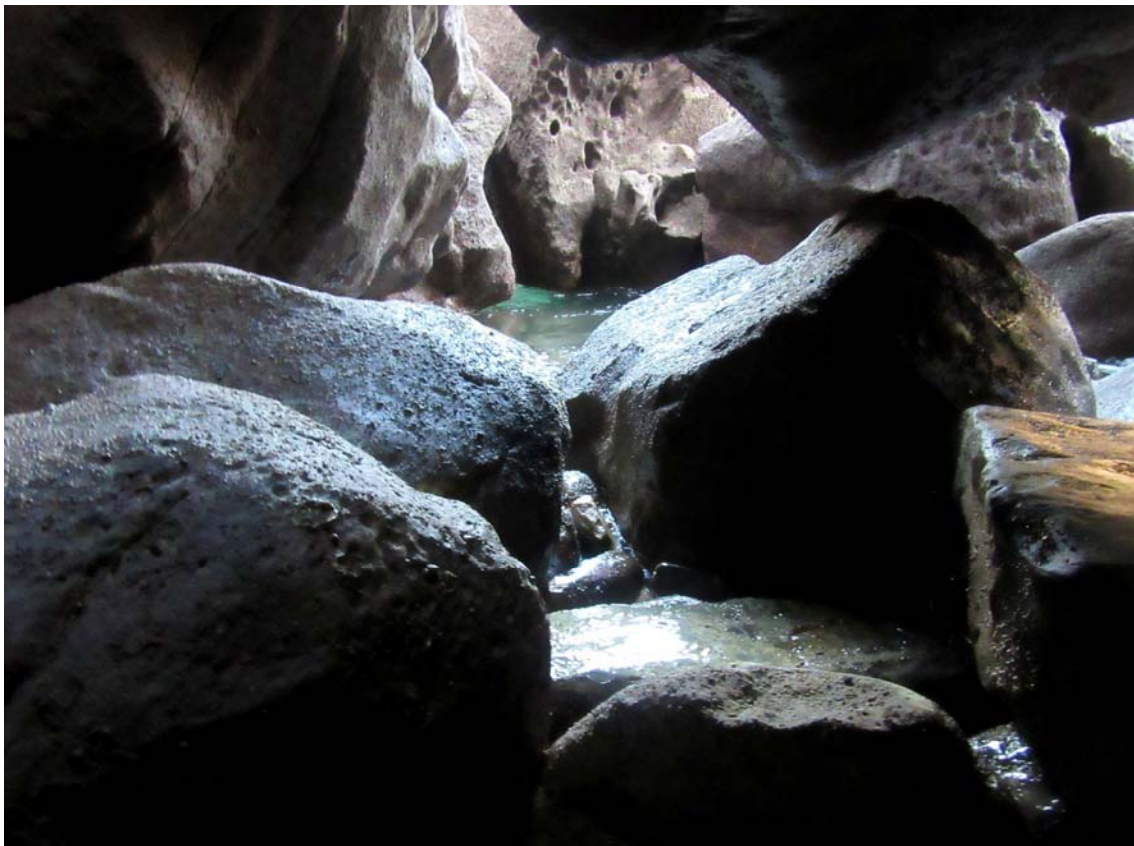
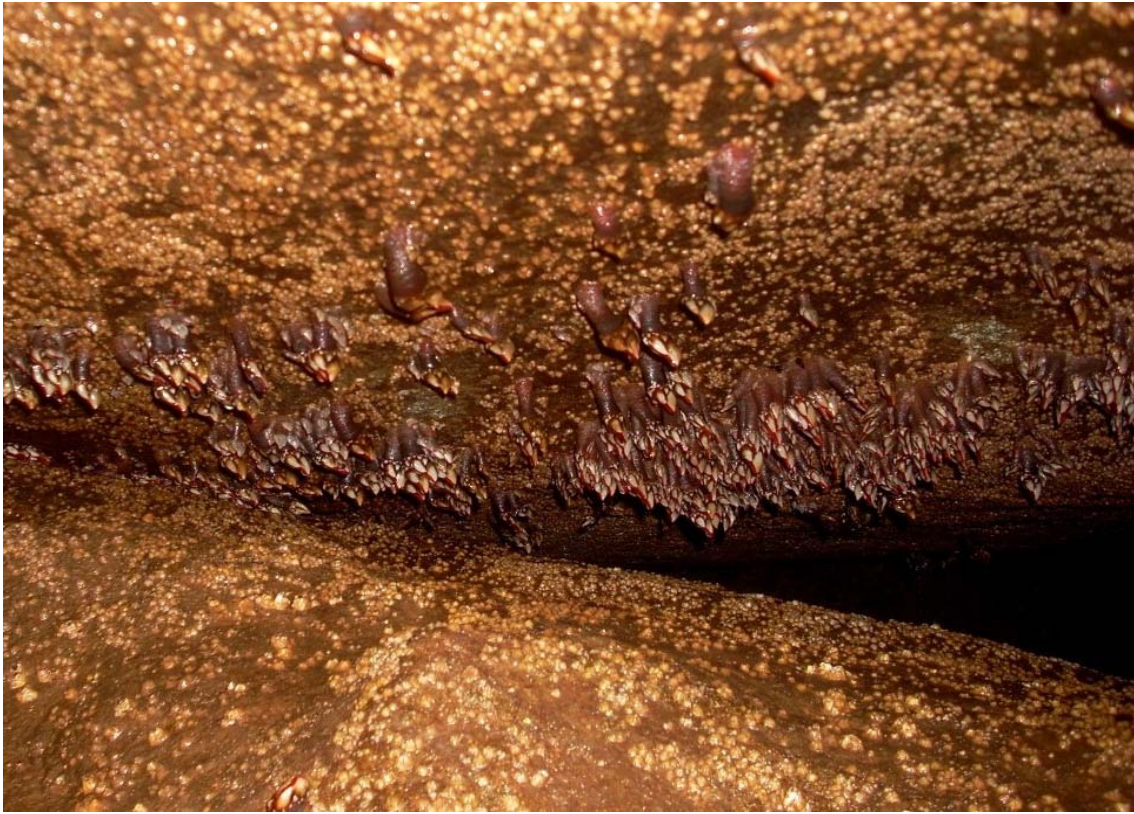


Figura 21. Cuevas de recubrimiento en la zona intermareal, que invade el agua de mar durante las pleamares. Están habitadas por numerosas especies del litoral marino, como los percebes y dientes de perro (cirrípedos).



Figura 22. Bajo los bloques de colapso, en la parte baja de la placa costera, se desarrollan múltiples cuevas de recubrimiento. La zona de algas rojas marca el nivel inundado que sólo queda expuesto durante las bajamareas.



Figura 23. Ascenso de la placa costera hacia la cornisa diagonal, con geoformas de tipo microlapiaz litoral. Se forman por disolución intergranular, debido a la acción mixta de las precipitaciones y salpicaduras del oleaje.



Figura 24. Pequeña cavidad formada por disolución, a expensas de una estructura de escape de fluidos, generada durante la diagénesis de la arenisca. La bóveda posee microformas alveolares en roca arenizada (= decementada).



Figura 25. Ascenso del espolón sobre el collado en U de la cota +20 m. El caudal del arroyo en el tramo superior del cauce es mayor que el de la cascada. Parte del caudal se infiltra entre los planos de estratificación de la arenisca.



Figura 261. Vista del valle colgado desde el espolón de ascenso y bloque colapsado con oquedades y geoformas.

El proceso fundamental que rige la génesis de cavidades en esta litología es la disolución intergranular de la roca-caja, pero también actúan otros procesos, como la erosión normal, erosión marina, y especialmente los procesos clásticos mecánicos, ya que las intercalaciones delgadas de lutitas son fácilmente meteorizadas y removidas, dejando espacios entre los estratos de arenisca, lo que propicia su fragmentación en bloques, así como su deslizamiento y/o subsidencia. Cuando el buzamiento es pronunciado se produce el colapso de tramos enteros de estratos.

La disolución actúa intergranularmente y ampliando fisuras, produciendo también la alteración y remoción de las intercalaciones de lutitas y margas. De este modo se desestabiliza el equilibrio mecánico de los estratos superiores y se produce su fragmentación por procesos clásticos mecánicos para compensar los déficits de carga creados (Renault, 1970; Maire, 1980).

Igualmente, la escorrentía laminar produce erosión normal y remoción de materiales, mientras en la línea de costa la erosión marina actúa sobre la parte baja de los estratos y facilita su deslizamiento. En este caso se agrega además la infiltración parcial de parte del caudal del arroyo, que percola y circula subterráneamente hacia múltiples puntos de surgencia. En suma, un conjunto de procesos interrelacionados e inhomogéneos que actúan de modo complejo, dando lugar a la extraña geometría del enclave y sus diversas cavidades. Estos sistemas contienen asimismo diversos ejemplos de naturaleza fractal, con cavidades y geoformas que reproducen en miniatura los rasgos de las cavidades mayores, a distintas escalas.

El trabajo, de naturaleza descriptiva, aporta así ejemplos adicionales sobre formación de cavidades de distintos tipos en los estratos de arenisca de la Formación Jaizkibel (de edad Eoceno) y nuevos detalles de interés científico sobre la geomorfología, dinámica e hidrogeología de esta zona del litoral del monte Igueldo.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros que nos acompañaron en exploraciones anteriores en el litoral de Igueldo. A tres árbitros de la Sociedad de Ciencias Aranzadi y Biosphere Consultancies (Reino Unido), por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe*, S.C. Aranzadi, 31(1-2): 3-139.
- Galán, C. 2001. Primeros datos sobre el Medio Subterráneo Superficial y otros hábitats subterráneos transicionales en el País Vasco. *Munibe (Ciencias Naturales)*, S.C. Aranzadi, 51: 67-78.
- Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia audiovisual Power point, Ayto. Hondarribia, Fundación Luberri. 10-5-2013. 80 láminas. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 80 pp.
- Galán, C. 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. & M. Nieto. 2016. Crustacea Mystacocarida y Copepoda en cavidades en arenisca en el Rincón del Búho (monte Ulía, Donosti, País Vasco). 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.; 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.
- Glynne-Williams, J. & J. Hobarts. 1952. Studies on the crevice fauna of a selected shore in Anglesey. *Proc. Zool. Soc. London*, 122 : 797-824.
- Jass, J P & Klausmeier, B R, 2006. Transborder Associations of Terrestrial Isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) of Mexico and the United States. *Western North American Naturalist*, 66 (1): 132-134.
- Juberthie, C. 1983. Le Milieu souterrain: étendue et composition. *Mémoires de Biospéologie*, Tome X : 17-66. Biogeographie de la faune souterraine. Colloque de la Société de Biospéologie, Béziers, 1982. Communications Libres.
- Harvey, M S, 1989. Two new cavernicolous chthoniids from Australia, with notes on the generic placement of the south-western Pacific species attributed to the genera *Paraliochthonius* Beier and *Morikawia* Chamberlin (Pseudoscorpionida: Chthoniidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*. 8 (1): 21-29.
- Howarth, F. 1986. The tropical cave environment and the evolution of troglobites. *Com. 9º Congr. Internat. Espeleol.*, Barcelona, pp: 153-155.
- Henry, J. 1981. Présence de Jaëra (Isopoda, Asellota, Janiridae) dans le milieu cavernicole. *Proc. 8th Inter. Congr. Speol.*, Bowling Green, 670-671.
- Hessler, R.R. 1971. Biology of the Mystacocarida: A prospectus. In: Hulings, N.C., ed. *Proceeding of the First Internat. Conference on Meiofauna*. Smithsonian Contributions to Zoology, 76: 87-90.
- Maire, R. 1980. *Eléments de karstologie physique*. Spelunca. Spécial N° 3. 56 p.
- Morton, J. E. 1954. The crevice fauna of the upper intertidal zone at Wembury. *Journ. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 33: 187-224.
- Renault, Ph. 1970. La formation des cavernes. *Coll. Que sais-je? n° 1400*, P.U.F., Paris, 127 p.
- Richoux, Ph. 1971. *Ecologie, Ethologie de la faune des fissures intertidales de la région malouine*. Thèse de spécialité, Univ. Lyon, pp : 1-89.
- Rivera M A; Howarth, F.; Tati, S. & Roderick, G.K. 2002. Evolution in Hawaiian cave-adapted isopods (Oniscidea: Philosciidae): vicariant speciation or adaptive shifts? *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 25 (1): 1-9.
- Stock, J.; T. Illiffe & D. Williams. 1986. The concept of "Anchialine" reconsidered. *Stygologia*, 2 (1-2): 90-92.