

PUNTA DE USOTAITA 2: CUEVAS EN ARENISCA Y FAUNA HIPÓGEA (MONTE ULÍA, SAN SEBASTIÁN).

Usotaita Point 2: sandstone caves and hypogeal fauna (Mount Ulía, San Sebastián).



Carlos GALÁN, Marian NIETO, Jim DAZA & Agustín GOZATEGI.
Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología.

PUNTA DE USOTAITA 2: CUEVAS EN ARENISCA Y FAUNA HIPÓGEA (MONTE ULÍA, SAN SEBASTIÁN).

Usotaita Point 2: sandstone caves and hypogeal fauna (Mount Ulía, San Sebastián).

Carlos GALÁN, Marian NIETO, Jim DAZA & Agustín GOZATEGI.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Julio 2022.

RESUMEN

El litoral del monte Ulía (San Sebastián, País Vasco) presenta numerosos acantilados de fuerte desnivel. En la base de los mismos es frecuente el desarrollo de cavidades en arenisca. Un descenso con cuerda de -107 m de desnivel permite acceder al enclave de Usotaita 2, con varias puntas de roca y bloques de colapso. En la base de las paredes extraplomadas, formadas por estratos gruesos de arenisca de la Formación Jaizkibel (turbiditas abisales de edad Eoceno), y entre los bloques adosados a las puntas, se desarrollan cavidades y geoformas, con diversos rasgos de interés. La fauna hallada comprende especies litorales y marinas que frecuentan cuevas, grietas y pozas anquihalinas en la rasa mareal. Sus adaptaciones para la vida en el ambiente hipógeo son variables. El trabajo describe las cavidades halladas y su fauna hipógea, ilustrando sus rasgos más relevantes mediante fotografía digital.

Palabras clave: Espeleología física, Karst en arenisca, Biología subterránea, Fauna cavernícola, Geomorfología, Hidrogeología.

ABSTRACT

The coastline of Mount Ulía (San Sebastián, Basque Country) has numerous steep cliffs. At their base, the development of cavities in sandstone is frequent. A rope descent with a drop of -107 m allows access to the enclave of Usotaita 2, with several rock points and collapsed blocks. At the base of the overhanging walls, formed by thick strata of sandstone from the Jaizkibel Formation (abyssal turbidites of Eocene age), and between the blocks attached to the tips, cavities and geoforms develop, with various features of interest. The fauna found includes coastal and marine species that frequent caves, cracks and anquihaline pools in the tidal flat. Their adaptations for life in the hypogeal environment are variable. The work describes the cavities found and their hypogeal fauna, illustrating their most relevant features through digital photography.

Key words: Physical Speleology, Sandstone Karst, Subterranean Biology, Cave fauna, Geomorphology, Hydrogeology.

INTRODUCCION

El trabajo es continuación de otras exploraciones y prospecciones geo-biológicas efectuadas en parajes de difícil acceso en los acantilados del litoral del monte Ulía. Su objetivo es la exploración de nuevas cavidades en arenisca. La prospección progresiva de este tipo de enclaves ha ido aportando interesantes y novedosos datos sobre diversos tipos de espeleotemas, geoformas y sobre la fauna que habita en el medio hipógeo terrestre y en las aguas subterráneas (marinas, dulces y anquihalinas) de las cavidades exploradas. Habitualmente cada nuevo enclave estudiado suele poner al descubierto nuevos aspectos de interés y nuevos ejemplos de especies cavernícolas.

Las rocas en que se desarrollan las cavidades constituyen una secuencia de turbiditas abisales, de facies flysch, en la que alternan estratos gruesos de arenisca carbonática con intercalaciones delgadas de lutitas y margas, de edad Eoceno (Formación Jaizkibel) (Campos, 1979; Galán, 2013; Galán et al, 2009). Es precisamente en las zonas con estratos gruesos de arenisca (no en toda la formación) donde tienen lugar procesos kársticos con formación de acuíferos y cavidades subterráneas a distintas escalas.

El paraje estudiado en esta ocasión se denomina Punta de Usotaita 2 y se localiza inmediatamente al Este del enclave de Usotaita, explorado en fechas recientes (Galán & Gozategi, 2022). Está constituido por varias puntas de roca, formadas por estratos resistentes de arenisca de fuerte buzamiento y un entrante topográfico con grandes bloques de colapso. El acceso se efectúa descendiendo con cuerda un valle-acantilado de -107 m de desnivel. El paraje posee un gran abrigo-cueva interestratos y cuevas de recubrimiento, habitados por organismos variablemente cavernícolas.

MATERIAL Y METODOS

La prospección del enclave fue efectuada en junio de 2022. Se utilizó técnica de cuerda estática y jumars para el descenso del acantilado y el acceso a sus cavidades. En los muestreos se utilizaron mallas de plancton y pequeños reteles con cebo. La fauna colectada fue estudiada en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Se realizaron observaciones y se tomaron fotografías con una cámara digital Canon de las cavidades y aspectos de mayor interés.

RESULTADOS

En los acantilados del litoral de Ulía (San Sebastián) hemos explorado numerosos enclaves con cuevas, simas y geoformas, formadas fundamentalmente por disolución intergranular de la arenisca. En ellas hemos hallado un variado elenco de especies marinas, de agua dulce y terrestres, de hábitos variablemente cavernícolas (Galán, 2013; Galán & Gozategi, 2022; Galán & Nieto, 2016, 2022; Galán et al, 2017, 2020). El acceso a muchos de estos parajes requiere el uso de técnicas de espeleología vertical (cuerda estática y jumars) y/o de escalada en roca, así como con frecuencia el recorrido de flancos abruptos cubiertos de una vegetación baja, densa y enmarañada, con abundancia de zarzas, argomas, lianas espinosas *Smilax aspera*, helechos y pequeños arbustos. En general se trata de áreas inexploradas, cuyos detalles pocas personas conocen (dada su dificultad de acceso).

La zona de estudio es el enclave de Usotaita 2, situado a 180 m al SW de Punta Atalaya e inmediatamente al E del de Usotaita 1 (Galán & Gozategi, 2022). Está constituido por dos prominentes puntas de roca, formadas por estratos gruesos de arenisca, y un entrante en su lado W con una franja de grandes bloques de colapso, de 82 m de ancho. Las coordenadas ETRS89, UTM 30N de la punta central son: E 584.035; N 4.798.711; altitud: 0 m snm. Localización en Figura 01 y detalles en Figuras 02 á 35.

El acceso a la franja de bloques y punta central se realizó descendiendo con cuerda desde el camino de la Costa a lo largo de un vallecito entallado de perfil abrupto y -107 m de desnivel. La sección transversal del valle es en forma de diedro en V inclinada, con tramos verticales a extraplomados en su lado E y una placa oblicua lisa en su lado W. Los estratos de los flancos y las puntas tienen un buzamiento alto, de 70° NNE. El recorrido del descenso tiene una parte superior de menor inclinación y luego el perfil se verticaliza, con pequeños escarpes, tramos verticales y rampas, hasta alcanzar la franja litoral de grandes bloques. En el descenso empleamos 120 m de cuerda estática y fraccionamientos con cinta sobre salientes de roca o arbustos.

Entre la punta central y la del E, formadas por estratos de arenisca de 10 m de potencia, se desarrolla un abrigo poco profundo. Inmediatamente al W de la punta central se forma una cueva-abrigo profundo, de grandes dimensiones, subdividido en su parte basal por estratos más delgados. El mar penetra en su base desde la punta y profundiza 45 m de longitud en planta. En sentido N-S asciende 35 m a lo largo de la placa de roca, con un desnivel de +28 m. Por lo que puede decirse que constituye una cueva-abrigo interestratos de 80 m de desarrollo espacial (Usotaita 2). En su mayor parte, techada por estratos en extraplomo, está en penumbra, con una zona en oscuridad más estrecha en su extremo oriental, y grietas menores. La fauna que habita en la cavidad contiene especies propias de ambientes esciófilos del litoral marino (grietas, espacios bajo bloques, pozas y oquedades de las rocas), y otras que pueden considerarse troglófilas.

Más al W se forma una franja litoral con bloques de colapso de varios metros de lado que tienen por suelo estratos delgados de la misma litología, rebajados por la erosión normal y marina. La franja se extiende sobre la zona intermareal y alcanza algo más de 10 m sobre ella. En este sector hay varias cuevas de recubrimiento que se desarrollan bajo los bloques mayores. La mayor de ellas se localiza en el tramo de acceso a la punta y al abrigo grande, y totaliza 40 m de desarrollo y -8 m de desnivel.

La fauna que habita en estas cavidades es semejante a la hallada en el enclave adyacente de Usotaita 1 (Galán & Gozategi, 2022) e incluye especies marinas, dulceacuícolas y terrestres, ya que en varios puntos emergen entre los planos de estratificación pequeñas circulaciones hídricas de agua dulce, procedentes de filtraciones a lo largo del flanco superior.

El agua de mar que ingresa durante las pleamares y las filtraciones de agua dulce (y el agua de lluvia) ocupan y forman pozas (a distintas alturas sobre el nivel de bajamar) en depresiones y oquedades de los suelos y paredes de roca. Las pozas en las zonas más bajas contienen sólo agua marina, pero a mayor altitud presentan mezcla de aguas y un carácter anquihalino. Los muestreos más detallados fueron efectuados en este tipo de pozas en bajamar, utilizando malla de plancton y pequeños reteles con cebo.

Las cuevas poseen espeleotemas en forma de pequeñas coladas y banderas de calcita y toba calcárea o tufa en las bóvedas y en el extraplomo del gran abrigo, recubrimientos de alófono, y pequeñas espeleotemas coraloides y botroidales de ópalo-A. Las paredes internas de las cuevas presentan geoformas tales como: concavidades de cannonballs y restos de sus gangas envolventes, láminas y concreciones de óxidos de hierro, laminaciones y estructuras de escape de fluidos, así como diversos tipos de boxworks y formas alveolares. En zonas sobre el nivel de pleamar -como ha sido dicho- son frecuentes pozas con mezcla de aguas, tapices de algas y rellenos de clastos, guijarros y arena de grano fino.

Es frecuente también hallar, en el interior de las cavidades, puntos donde el fuerte oleaje y las mareas han depositado despojos tanto orgánicos como inorgánicos, como restos de boyas, maderas y corchos, a menudo recubiertos por organismos incrustantes del fouling, así como despojos de cangrejos y algas marinas. En zonas de penumbra son comunes tapices de algas verdes, algas rojas y líquenes. Se trata así de un hábitat litoral rico en recursos tróficos.

El ambiente subterráneo en la zona profunda de las cavidades es de alta humedad e isotérmico, con una temperatura media próxima a los 13°C. Los habitantes de estas cuevas escapan así a las fuertes oscilaciones húmedo-seco de superficie y a la insolación directa. El ambiente terrestre presenta un alto contenido en sales debido a las rociaduras del oleaje, llevadas por el viento y las brumas costeras. En general todos los organismos acuáticos que habitan en ellas muestran una gran capacidad para lidiar con fuertes variaciones de salinidad, pH y oxígeno disuelto. Muchos de ellos tienen capacidades anfibias y algunos de los organismos terrestres son también capaces de resistir a inundaciones periódicas.

En superficie habitan poblaciones de gaviotas y cormoranes, que crían en los acantilados. Y en la zona de bloques resultan muy visibles y numerosas varias especies de cangrejos y lapas (*Patella*), así como percebes (*Pollicipes*) que penetran en zona oscura.

Los invertebrados hallados comprenden especies de distintos grupos zoológicos, casi todas ellas halladas previamente en cuevas en el enclave de Usotaita 1. Entre las especies observadas, sólo colectamos las que nos parecieron de mayor interés.

En la zona de oscilación de las mareas, que alcanza una amplitud de 4,5 m, son frecuentes: (1) cnidarios *Actinia equina* (Linnaeus) (Actiniidae); (2) poliquetos *Terebella lapidaria* Linnaeus (Terebellidae), *Scolelepis squamata* (Müller) (Spionidae), *Polydora ciliata* (Johnston), *Platynereis dumerilii* (Audouin & Milne Edwards) (Nereidae); (3) caracoles marinos *Thais* sp. y *Littorina neritoides* Linnaeus (Littorinidae), *Gibbula umbilicata* (da Costa) (Trochidae), Turbinidae indeterminados, lapas *Patella vulgata* Linnaeus, *Patella intermedia* Murray (Patellidae); (4) anfípodos marinos *Pontocrates arenarius* (Bate) (Oedicerotidae), *Hyale stebbingi* (Chevreux) (Hyalidae), *Melita palmata* (Montagu) (Meliidae); (5) isópodos marinos *Cyathura carinata* (Kroyer) (Anthuridae), *Dynamene bidentata* (Adams) (Sphaeromatidae), *Cleantis prismatica* (Risso) (Holognathidae); (6) cirrípedos dientes de perro *Chthalamus stellatus* (Poli) (Chthalamidae), *Balanus perforatus* Bruguière (Balanidae), percebes *Pollicipes pollicipes* (Gmelin) (Pollicipedidae); (7) cangrejos *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius) (Grapsidae), *Xantho pillipes* (Milne-Edwards) (Xanthidae); nécoras *Necora puber* Linnaeus (sin. *Portumnus puber*) (Portunidae), ermitaños *Clibanarius erythropus* (Latreille) (Diogenidae); (8) quisquillas *Palaemon elegans* (Rathke); (9) pequeños peces *Coryphoblennius galerita* Linnaeus (Blennidae) y *Lepadogaster lepadogaster* (Bonnaterre) (Gobiesocidae). En marea alta otros peces alcanzan también la cueva-abrigo mayor.

En cubetas con flujos de agua dulce (y en algunos casos con mezcla de aguas) y fondo con sedimentos de arena y arcilla, son frecuentes y abundantes en número: (10) copépodos *Megacyclops viridis* (Murine) y *Paracyclops fimbriatus* (Fisher) (Cyclopidae); (11) isópodos *Sphaeroma hoockeri* Leach y *Sphaeroma serratum* (Fabricius) (Sphaeromatidae); (12) anfípodos semiterrestres *Orchestia cavimana* (Heller) (Talitridae) y dulceacuícolas *Echinogammarus berilloni* Catta (Gammaridae); (13) hemípteros heterópteros *Hydrometra stagnorum* Linnaeus (Hydrometridae).

En el medio terrestre se presentan: (14) isópodos terrestres *Ligia oceanica* (Linnaeus) (Ligiidae); (15) anfípodos terrestres *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Talitridae); (16) quilópodos *Hydroschendyla submarina* (Grube) (Schendylidae) y *Strigamia maritima* (Leach) (Linotaeiidae); (17) tisanuros Machiloidea *Petrobius maritimus* (Leach) (Machilidae).

Este conjunto suma al menos 39 taxa distintos, en su mayoría especies marinas y litorales. Los grupos mejor representados son los crustáceos, con 20 especies (6 especies de anfípodos, 6 de isópodos, 5 decápodos, 3 cirrípedos), seguidos por los moluscos (6 especies) y poliquetos (4 especies). La mayoría son especies litorales-marinas, frecuentes también en cubetas, grietas y oquedades de la rasa mareal, pero los anfípodos e isópodos incluyen también formas de agua dulce y terrestres. Datos sobre la biología y ecología de estas especies han sido dados en trabajos previos, citados en la bibliografía. Todas las especies colectadas habían sido halladas en Usotaita 1, excepto *H. stagnorum*, forma acuática que camina sobre el agua y se alimenta de insectos (Tachet, 2008).

La representación hallada incluye 20 especies que consideramos troglófilas (presentan adaptaciones para desenvolverse y completar su ciclo vital en zona oscura). Cabe señalar además que muchas cavidades de recubrimiento e interstratos presentan continuaciones en la roca-caja en forma de fracturas, conductos y mesocavernas de escaso diámetro, no accesibles al ser humano, tanto a nivel del mar como sobre él. El hábitat hipógeo -para organismos de pequeña talla- no se reduce a las macrocavernas, sino que es considerablemente más extenso, y puede albergar numerosas formas de vida. Se trata además de un medio de transición por partida doble: entre el medio marino y el continental, y entre la superficie y el medio subterráneo. Por lo que presenta múltiples gradientes y puede ser habitado por especies de muy distinta procedencia.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La Formación Jaizkibel ha sido estudiada por diversos autores (Jerez Mir et al, 1971; Kruit et al, 1972; Campos, 1979; Van Vliet, 1982) y constituye un conjunto de turbiditas abisales (Petzall, 1967; Kempe, 1981; Cocks & Parker, 1981; Mutti, 1985), de edad Eoceno, en la que alternan estratos gruesos de arenisca con intercalaciones delgadas de lutitas. En las áreas donde los estratos de arenisca son más gruesos (no en toda la Formación) es frecuente la formación de acuíferos kársticos compartimentados y la génesis de cavidades (Galán, 2013; Galán & Nieto, 2020). El proceso fundamental que rige la formación de estas cavidades es la disolución intergranular de la arenisca pero actúan también otros procesos, como la formación de escarpes y el colapso de bloques, que ocurre por procesos clásticos de descompresión mecánica de la roca-caja, previamente debilitada por la disolución a lo largo de fracturas, y la remoción de intercalaciones delgadas de lutitas. En el frente costero, la erosión marina basal, propicia el desarrollo de estos procesos y comanda el modelado local, con retroceso de los acantilados.

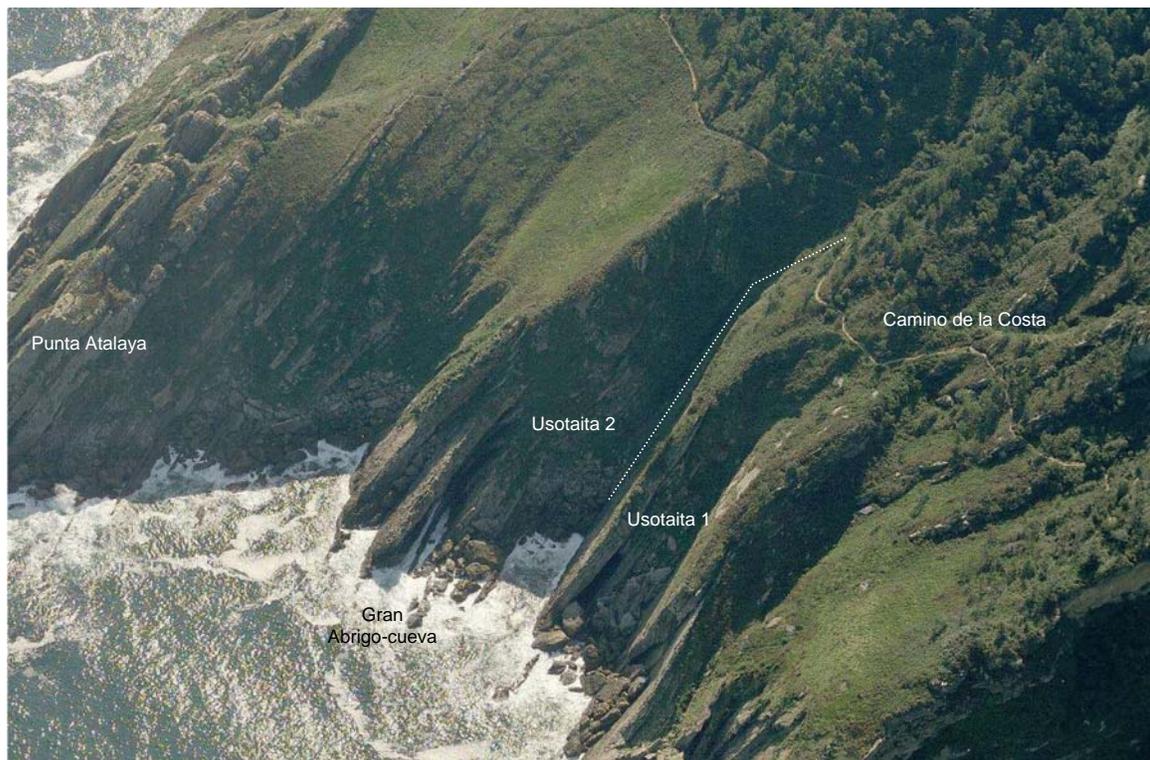
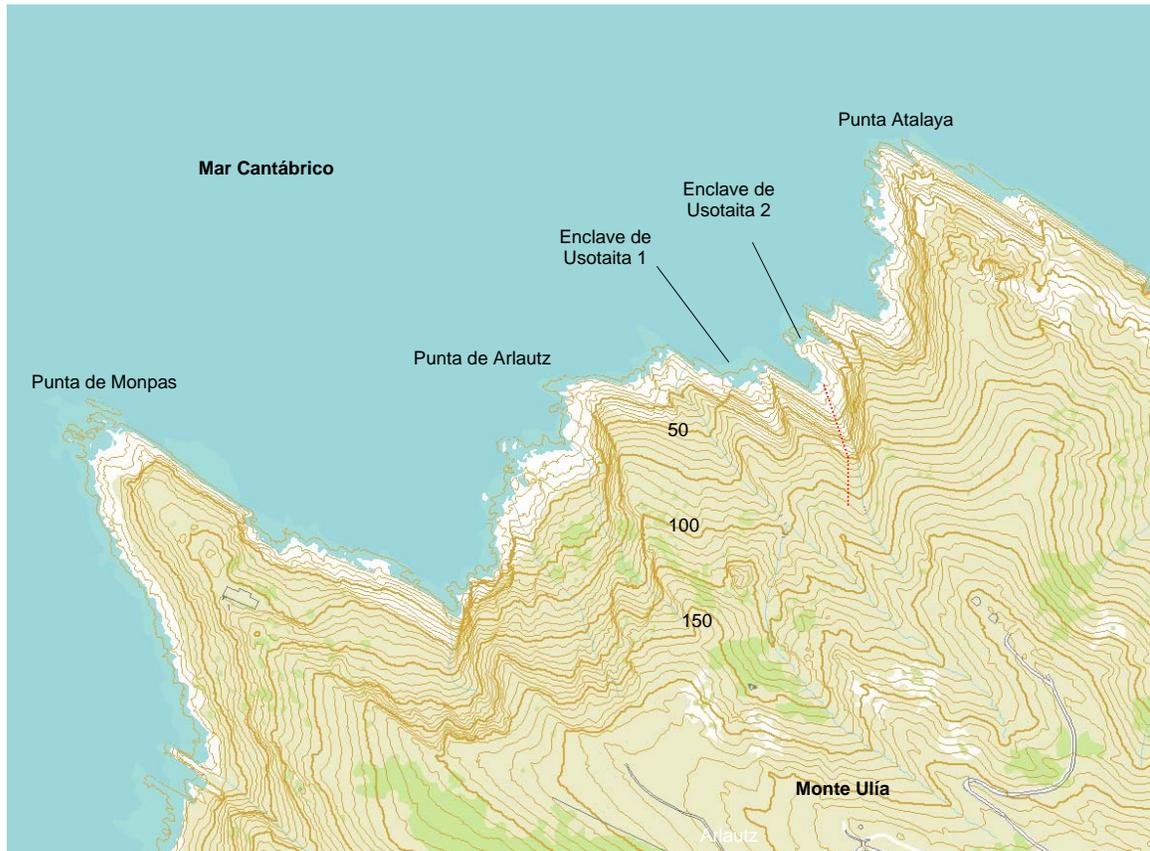


Figura 01. Localización del enclave de Usotaita 2 y el gran abrigo-cueva de la punta central. En línea de trazos la posición aproximada de la ruta de descenso. Cartografía digital b5m: en planta, con curvas de nivel cada 5 m (imagen superior). Vista a vuelo de pájaro desde el W (imagen inferior).



Figura 02. Acceso desde el camino de la costa al enclave del acantilado de Usotaita 2, abriendo la vía de descenso durante la primera exploración. Nótese la intrincada vegetación baja con zarzas y helechos y depresiones en el suelo.



Figura 03. Vista del enclave desde la parte superior de la vía de descenso. La pendiente se acentúa progresivamente y el diedro se torna subvertical. 1 = Gran abrigo-cueva. 2 = extensa cueva de recubrimiento bajo grandes bloques.



Figura 04. Vista desde la cota -70 m hacia un fraccionamiento durante la primera exploración de apertura de la vía de descenso. La zona inferior, que creíamos poco inclinada, es de pendiente acentuada y requirió 50m más de cuerda.



Figura 05. La vegetación oculta los tramos subverticales de la zona inferior. Equipando la vía.



Figura 06. Tramos verticales y deslizantes, con un pequeño caudal de agua en el diedro, oculto por la vegetación.



Figura 07. Prácticamente hace falta cuerda hasta alcanzar la franja litoral de bloques de colapso.



Figura 08. Zona basal, con el entrante topográfico de Usotaita 2 y la placa que lo limita por el lado W.



Figura 99. El entrante topográfico de Usotaita 2. Acceso a la zona franja de bloques (arriba). Detalle de alveolos en la arenisca (recuadro) y fracturas en los bloques, rellenas de concreciones de óxidos de hierro (debajo).



Figura 10. Cuevas de recubrimiento bajo grandes bloques de colapso, con pozas y charcas con mezcla de aguas, y biotopos anquihalinos. El agua de mar es aportada por el oleaje durante las pleamares, y el agua dulce por la lluvia y pequeñas filtraciones de aguas subterráneas que emergen de fisuras y entre planos de estratificación de la roca.



Figura 11. Cubetas con mezcla de aguas y poblaciones de microalgas verdes, en este caso en superficie, sometidas a variaciones ambientales fuertes. Hay cubetas similares en las cuevas, habitadas por copépodos, isópodos y anfípodos.



Figura 12. Vista desde la zona litoral hacia el diedro (se aprecia en parte la cuerda de descenso) y hacia la punta que contiene una extensa cueva de recubrimiento bajo grandes bloques de un estrato de arenisca colapsado.



Figura 13. La placa W del acantilado (arriba) y zona con estratos delgados de lutitas y margas intercalados en la serie de areniscas Eocenas, con los bloques de la punta al fondo (debajo).



Figura 14. Cuevas de recubrimiento, con zonas oscuras y numerosas aperturas entre los bloques y a nivel del mar.



Figura 15. El agua de mar invade las partes bajas de las cuevas, que quedan sumergidas durante las pleamares vivas. La fauna cavernícola contiene especies litorales y marinas frecuentes en cavidades de la rasa mareal y submarinas, especialmente poliquetos, cirrípedos y decápodos.

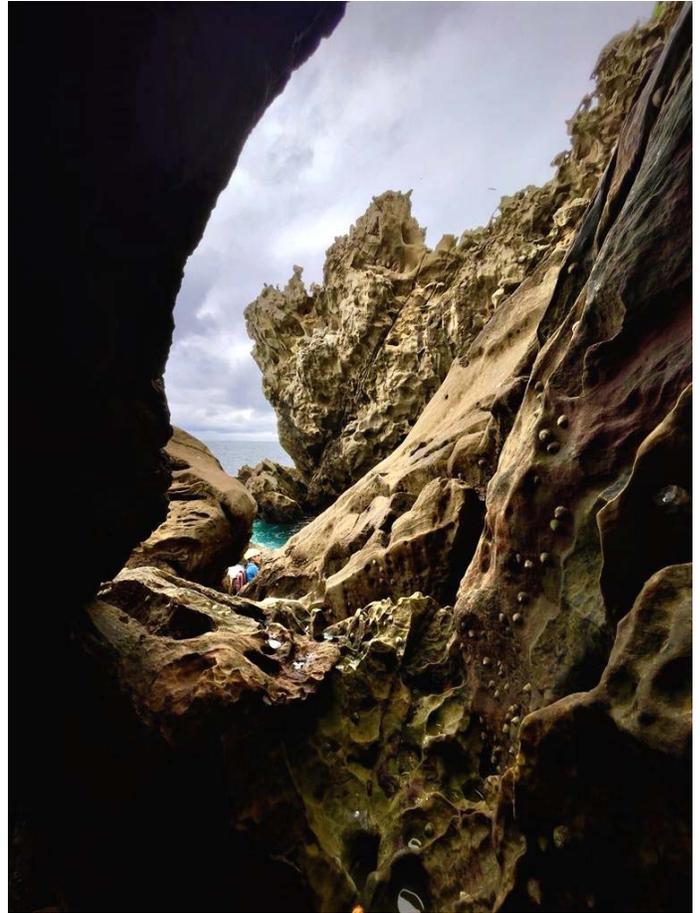


Figura 16. Paso a través de una cueva de recubrimiento hacia la punta donde se abre la cueva-abrigo mayor (arriba).
Y detalle de zonas de la cueva con cubetas aplanadas y crecimientos de algas incrustantes blancas y rosadas.



Figura 17. La punta (con la placa W del acantilado al fondo) y el acceso al abrigo-cueva mayor, bajo un estrato grueso de arenisca en extraplomo, con numerosas oquedades y una arista con perforaciones y salientes ruiniformes.



Figura 18. El gran abrigo-cueva de Usotaita 2. Vista hacia el estrato en extraplomo que sirve de techo y hacia la parte interna de la cavidad. El mar penetra incluso en marea baja. Obviamente está habitado por fauna litoral y marina, de hábitos esciófilos, variablemente cavernícolas, incluyendo peces que frecuentan grietas y oquedades de las rocas.



Figura 19. Parte basal del gran abrigo-cueva, donde el agua de mar penetra incluso en marea baja. Al fondo hay una prolongación más estrecha, en oscuridad, formada por erosión y remoción de estratos delgados de lutitas.



Figura 20. Vistas hacia el interior del gran abrigo-cueva, techado por un estrato de arenisca en extraplomo. Su parte superior asciende hasta la cota +28 y su extensión es de 40 m, con 10-15 m de anchura.



Figura 21. Gran abrigo-cueva de Usotaita 2. Vista hacia la boca abierta al mar y hacia el interior.

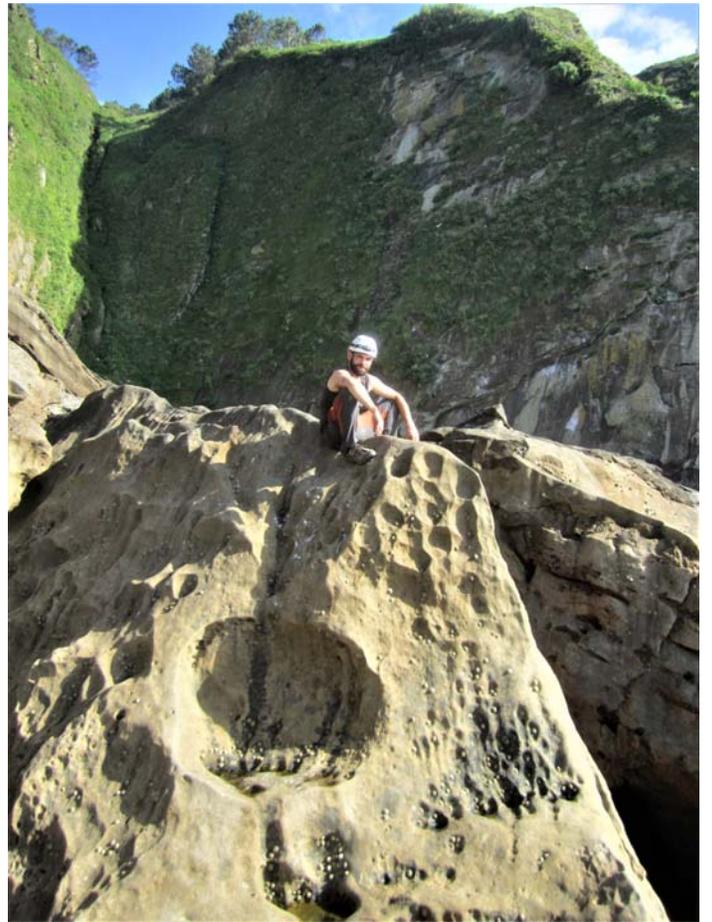


Figura 22. Bóveda del gran abrigo-cueva (arriba) y zona adyacente de grandes bloques con cuevas de recubrimiento.



Figura 23. Punta de Usotaita 2, con cubetas con mezcla de aguas a distintas alturas, y placa del acantilado W al fondo.



Figura 24. Extremo de la punta de Usotaita 2, la cual constituye el inicio del gran abrigo-cueva. Se observa al fondo la pared de la bóveda en extraplomo, con numerosas oquedades.



Figura 25. Cueva de recubrimiento adyacente al gran abrigo, con varias bocas a distintas alturas, abiertas entre grandes bloques de colapso..La cavidad alcanza más de 40 m de desarrollo y -8 m de desnivel.



Figura 26. Detalles de cuevas de recubrimiento, con espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo, óxidos de hierro, ópalo-A y calcita, en delgados films sobre la roca-caja de arenisca en las bóvedas.



Figura 27. Cuevas de recubrimiento bajo grandes bloques de colapso, con diversas concreciones y geoformas.



Figura 28. Arenisca de color rojizo y cubetas con mezcla de aguas en algunas cuevas del enclave de Usotaita 2.



Figura 29. En varias partes del enclave hay pistas fósiles (ichnofósiles) de *Thalassinoides*, en la base de los estratos de arenisca en contacto con el techo de lutitas intercaladas en la serie flysch. Las lutitas han sido erosionadas por pequeños flujos de agua dulce subterránea que emergen entre los planos de estratificación.

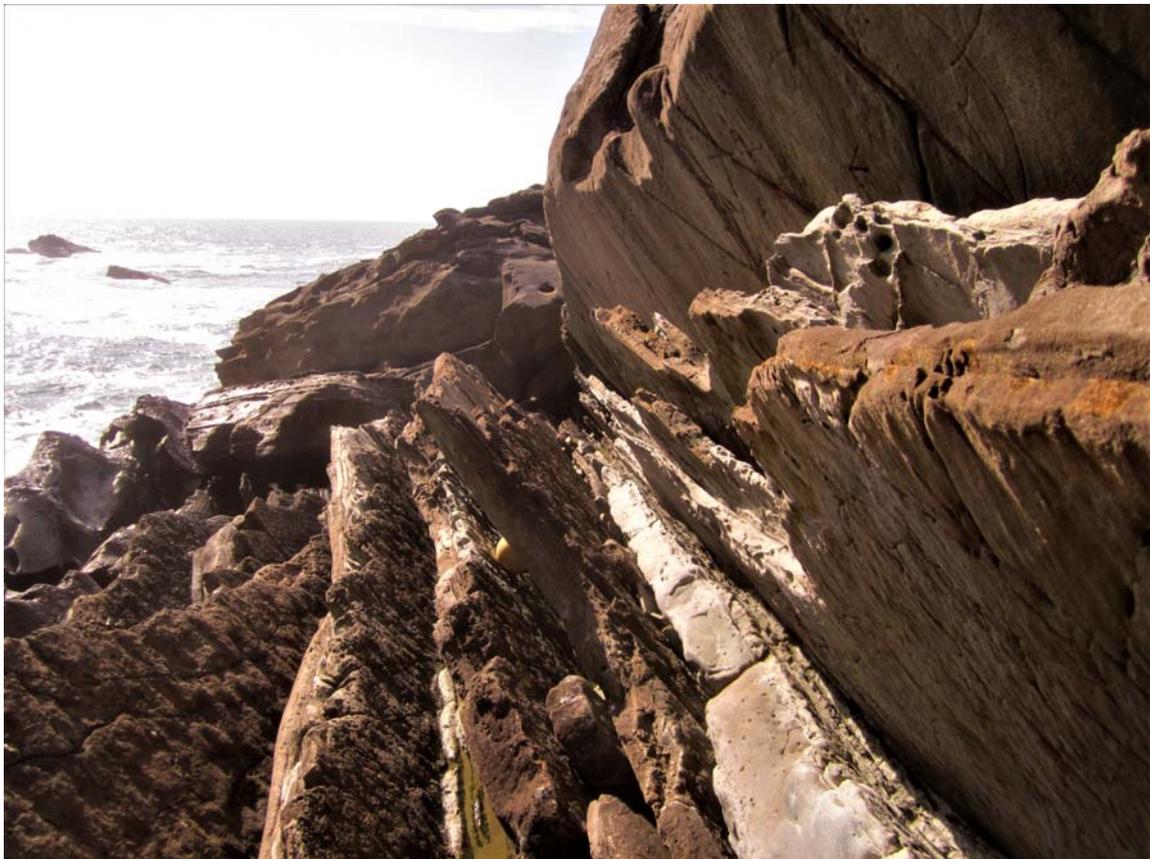


Figura 30. Laminaciones y estructuras de escape de fluidos en bloques de arenisca (arriba) y alternancia de estratos delgados de lutitas y margas entre los estratos de arenisca de mayor espesor (debajo).



Figura 31. Cubetas y pozas con mezcla de aguas y algas marinas (arriba), algunas con crecimientos de algas blancas incrustantes (debajo), y otras a mayor altitud con flujos de agua dulce y sedimentos de arena fina (recuadro inferior).



Figura 32. Detalle de cubetas con flujos de agua dulce y sedimentos arenosos, habitados por numerosos isópodos y anfípodos dulceacuícolas troglófilos, que viven tanto en superficie como en el interior de cuevas y mesocavernas.

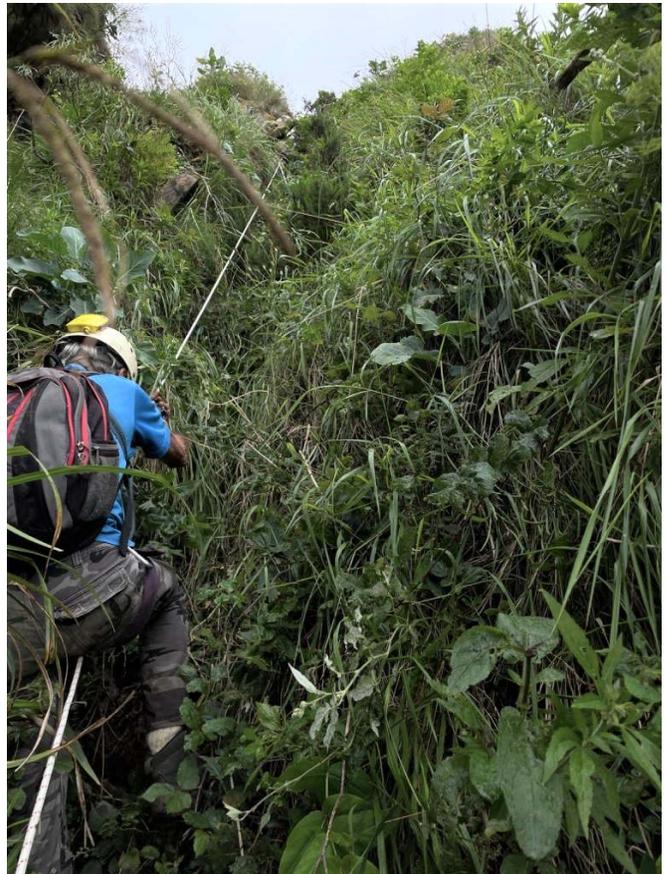
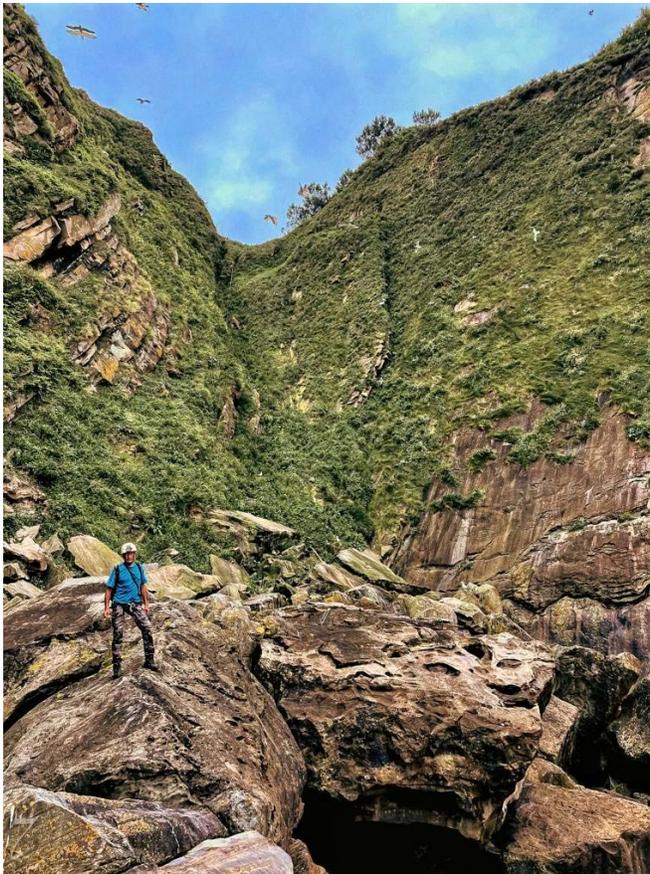


Figura 33. Tramo basal del acantilado de 107 m de Usotaita 2 e inicio del ascenso en jumars a lo largo del diedro.



Figura 34. Ascenso en jumars de la mitad inferior del acantilado, con vistas hacia la cueva mayor (flecha roja).



Figura 35. Ascenso en jumars del tramo superior del acantilado y recogiendo equipo en el camino de la Costa.

En todo caso, las cuevas y mesocavernas que ahora encontramos conservan rasgos de haber sido parte de sistemas de cavidades anteriores, destruidas y desmantelada por el avance de los procesos de meteorización de las rocas encajantes, a la vez que se han formado nuevas cavidades de recubrimiento.

En este hábitat litoral, en la zona de estudio, habitan múltiples formas de vida, en superficie y en el medio hipógeo (Galán, 1993, 2013; Galán & Gozategi, 2022; Galán & Nieto, 2016, 2022). En su mayoría son habitantes típicos de la rasa mareal, pero también incluyen especies propias del medio crevicular, intersticial y de cavidades marinas y submarinas, así como formas troglófilas dulceacuícolas y terrestres. Las especies halladas comprenden al menos 39 taxa distintos, 20 de ellos troglófilos, pero seguramente con muestreos más detallados aparecería un conjunto mayor. Las posibilidades de realizar muestreos en estas zonas y cavidades, se ven limitadas tanto por la dificultad de acceso como por las condiciones hidrometeorológicas, resultando favorables los días sin lluvia, de mar en calma y en horas de bajamares vivas, condiciones estas poco frecuentes a lo largo del año.

Es de destacar que aunque las cuevas individuales son de pequeño o moderado desarrollo, el conjunto constituye un hábitat hipógeo extraordinariamente extenso, y rico en recursos tróficos, algo inusual en el karst clásico en caliza u otras litologías. Estas cavidades no se limitan a la zona litoral, sino que a su vez están hidrogeológicamente en comunicación con acuíferos subterráneos en arenisca y con cavidades situadas a mayor altitud, por lo que la fauna cavernícola, especialmente la de menor talla, puede desplazarse y habitar sobre un extenso rango de altitud sobre el nivel marino, sobretodo las especies dulceacuícolas.

Los acantilados de Ulía albergan en este sentido muchas áreas poco o nada conocidas, biológicamente poco estudiadas, en las que las exploraciones sucesivas van poniendo al descubierto nuevos fenómenos kársticos hipógeos y nuevas especies (acuáticas y terrestres) variablemente cavernícolas, incluyendo formas troglófilas y troglobias. Este karst litoral en arenisca resulta así un medio transicional para la colonización del medio hipógeo continental y la especiación y evolución de su fauna cavernícola.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los miembros del Dpto. de Espeleología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) que han colaborado en exploraciones previas en los acantilados de Ulía. A dos árbitros de Biosphere Consultancies (United Kingdom) y SCA, por la revisión del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Cocks, L. & A. Parker. 1981. The evolution of sedimentary environments. In: Cocks, L. The Evolving Earth. British Museum (Natural History), Cambridge Univ. Press, II (4): 47-62.
- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. Munibe, S.C.Aranzadi, 31 (1-2): 3-139.
- Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163.
- Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. PDF de Conf. audiovisual Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca. 10-05-13. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, 82 pp.
- Galán, C. & A. Gozategi, 2022. Fauna hipógea litoral y marina en cavidades en arenisca en la punta de Usotaita (Formación Jaizkibel, monte Ulía, San Sebastián). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 38 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. & M. Nieto. 2022. Fauna cavernícola anquihalina en cuevas en arenisca en el litoral del monte Ulía (enclave de Arlantz, San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 40 pp.
- Galán, C. & M. Nieto. 2022. Fauna cavernícola de una cueva en arenisca en el monte Ulía (San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 22 pp.
- Galán, C.; I. Herraiz & M. Nieto. 2020. Fauna cavernícola en una sima con biotopos anquihalinos en el litoral de Ulía (arenisca de la Formación Jaizkibel, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 42 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.M. Rivas & J. Forstner. 2017. Notas sobre la exploración de una cueva marina interstratos en Monpás (Ulía). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 26 pp.
- Jerez Mir, L.; J. Esnaola & V. Rubio. 1971. Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa. Mem. IGME (Inst. Geol. y Min. España), Tomo 79, Madrid, 130 pp + Fotograf.
- Kempe, D. 1981. Deep ocean sediments. In: Cocks, L. The Evolving Earth. British Museum (Natural History), Cambridge Univ. Press, III (7): 103-120.
- Kruit, C.; J. Brouwer & 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.
- Petzall, W. 1967. Sedimentación marina. In: Ecología Marina. Margalef et al. Edit., Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas, Cap. 2: 35-66.
- Tachet, H. 2008. Invertébrés d'eau douce: Systématique, biologie, écologie. Ed. CNRS, France, 587 p.
- Van Vliet, A. 1982. Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipúzcoa (Northern Spain). Thesis Doct., Univ. Utrecht, Netherlands, 180 pp.