

ACANTILADO DE SALTO: CUEVAS Y FAUNA CAVERNÍCOLA (MONTE ULÍA, SAN SEBASTIÁN).

Salto cliff: caves and cave fauna (Mount Ulía, San Sebastián).



Carlos Galán, Marian Nieto, Juliane Forstner & Jim Daza. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología.

ACANTILADO DE SALTO: CUEVAS Y FAUNA CAVERNÍCOLA (MONTE ULÍA, SAN SEBASTIÁN).

Salto cliff: caves and cave fauna (Mount Ulía, San Sebastián).

Carlos GALÁN, Marian NIETO, Juliane FORSTNER & Jim DAZA.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Agosto 2022.

RESUMEN

En el litoral del monte Ulía (San Sebastián, País Vasco), cerca del Faro de la Plata, se presenta un vallecito que finaliza de modo abrupto en un acantilado que cae directamente al mar. En su base hay una franja litoral, con grandes bloques de colapso, y en sus extremos placas subverticales con cavidades interestratos. 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 (Formación Jaizkibel, de edad Eoceno). Entre los estratos gruesos de arenisca y bajo bloques de colapso se han formado cuevas con diversos rasgos de interés. En ellas habita una fauna cavernícola que comprende especies litorales y marinas que frecuentan oquedades, grietas y pozas anquihalinas en la rasa mareal. 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

On the coast of Mount Ulía (San Sebastián, Basque Country), near the Faro de la Plata, there is a small valley that ends abruptly in a cliff that falls directly into the sea. At its base there is a coastal strip, with large collapsed blocks, and at its ends subvertical plates with interstratum cavities. The rocks in which the cavities develop constitute a sequence of abyssal turbidites, with flysch facies, in which thick strata of carbonate sandstone alternate with thin intercalations of mudstone and marl (Jaizkibel Formation, Eocene age). Among the thick sandstone strata and under collapsing blocks, caves have been formed with various features of interest. They are home to a cave fauna that includes coastal and marine species that frequent cavities, cracks and anquihaline pools in the tidal flat. 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

La prospección de acantilados en arenisca carbonática de la Formación Jaizkibel (turbiditas abisales de facies flysch y edad Eoceno) ha aportado el hallazgo de numerosas cavidades, con interesantes ejemplos de especies de fauna, variablemente cavernícolas, tanto formas marinas, como de agua dulce y terrestres, incluyendo habitantes de biotopos con mezcla de aguas y naturaleza anquihalina (Galán, 1993, 2013; Galán & Gozategi, 2022; Galán & Forstner, 2017; Galán & Nieto, 2016, 2022; Galán et al, 2017, 2020, 2022).

En la Formación Jaizkibel se presentan acuíferos subterráneos (generalmente en las zonas con estratos de arenisca de mayor espesor) así como todo un conjunto de simas, cuevas y abrigos, a distintas escalas, localizadas a diferentes altitudes, no sólo en la línea de costa. Este es un medio hipógeo transicional, por lo que presenta múltiples gradientes y puede ser habitado por especies de muy distinta procedencia. En la zona litoral es además un medio subterráneo eutrófico, extraordinariamente extenso y rico en recursos tróficos, algo inusual en el karst clásico en caliza u otras litologías.

El paraje estudiado en esta ocasión se denomina Acantilado de Salto o de Altu y se localiza inmediatamente al Oeste de los acantilados del lado Norte del Faro de la Plata, cerca de la entrada al puerto de Pasajes. Contiene una franja litoral de bloques y placas lisas con estratos subverticales, donde existe un conjunto de cavidades (algunas de ellas con pequeños ríos subterráneos) y una fauna cavernícola singular, aspectos que son descritos en este trabajo.

MATERIAL Y METODOS

En la prospección del enclave, aunque llevamos equipos de jumars, sólo se empleó cuerda y técnicas de escalada libre, tanto para el descenso del acantilado de acceso al litoral como para la exploración de cavidades. En los muestreos se utilizó el equipo habitual de pinzas, mallas de plancton y etanol 70° como conservante. La fauna colectada fue estudiada en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. 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 con vegetación baja. 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 Salto o Altu, situado a 350 m al W de los acantilados del Faro de la Plata y a 200 m al E del acantilado de Elgorri aundi (Galán et al, 2017). Un vallecito formado por dos vaguadas convergentes alcanza el borde del flanco N del monte Ulía, recortando el terreno, y cayendo en acantilado de 25 m de desnivel sobre la franja litoral y el mar. A ambos lados los acantilados alcanzan mayor desnivel (45 m). En su base se ha formado una franja de bloques de colapso de 140 m de longitud en sentido E-W y 20 m de anchura N-S en marea baja. Durante las pleamares el mar invade la zona de bloques y su anchura se reduce sustancialmente, pudiendo ser completamente batida por el oleaje. Las coordenadas ETRS89, UTM 30N del punto de descenso en el acantilado son: E 586.104; N 4.798.540; altitud: 25 m snm. Localización en Figura 01 y detalles en Figuras 02 á 28.

El acceso a la franja de bloques se realizó descendiendo desde el camino de la Costa hasta alcanzar la vaguada E del vallecito entallado y recorrerlo hasta su borde frontal. Luego seguimos por una cornisa en el borde, hasta alcanzar una placa subvertical de - 15 m, tras cuyo descenso con ayuda de cuerda se llega a la franja litoral. Aunque llevamos jumars y 40 m de cuerda estática (2 cuerdas de 20 m), sólo fue necesario emplear una cuerda y una cinta para un anclaje natural sobre un saliente de roca.

A lo largo de la franja litoral hay cuevas de recubrimiento, bajo grandes bloques de colapso, a las que se puede acceder durante bajamares si hay poco oleaje. Durante las pleamares pueden quedar completamente sumergidas o batidas por las olas. Algunas de ellas superan los 10-20 m de desarrollo penetrable y hay sectores en los que las cavidades están en continuidad física, sólo limitada por la estrechez de los pasos entre bloques. Igualmente poseen muchas aperturas hacia superficie y hacia el mar, por lo que las aguas marinas invaden las zonas bajas. Tal vez lo más peculiar del enclave es que las dos vaguadas llevan arroyos con cierto caudal (en torno a 5 l/s cada una). El arroyo W se sume antes de alcanzar el borde; el arroyo E en cambio se precipita en cascada laminar y luego circula hacia el mar bajo el relleno de bloques. También hay aportes de agua dulce procedentes de filtraciones que emergen de fisuras en las placas y paredes de roca. Esto hace que muchas cavidades posean pequeños ríos subterráneos y circulaciones hídricas menores con agua dulce, mezcla de aguas y numerosas cubetas y pozas con biotopos anquihalinos.

En la parte central del enclave hay cuevas que poseen galerías con cauces lisos, pulidos y redondeados, indicadores de una mayor actividad hídrica en épocas de altas precipitaciones. Igualmente, a tenor del oleaje y las mareas, pueden ingresar al sistema importantes volúmenes de agua marina, que luego circula hacia el mar a través de las cuevas al bajar la marea. Así que se trata de un enclave con diversos cauces subterráneos y numerosos biotopos de agua dulce y anquihalinos.

En el extremo E del enclave litoral, los estratos verticales forman una placa lisa, de mayor desnivel. Aquí se desarrolla una cueva inter-estratos (en el recorte lateral de la placa) que profundiza 15 m de desarrollo bajo zona techada y 20 m de altura. A lo largo del lado W de la franja litoral hay otras cavidades inter-estratos, de menores desarrollos y similar morfología. Casi todas las cuevas poseen zonas en penumbra y zonas oscuras en sus extremos o en prolongaciones en mesocavernas y grietas menores.

Las cuevas poseen pequeños recubrimientos de espeleotemas de alófono (= hidrosilicato de aluminio amorfo), oxi-hidróxidos de hierro y costras botroidales de ópalo-A. En las paredes internas de las cuevas (y en superficie) se encuentran geoformas tales como: concavidades de cannonballs, concreciones y láminas de óxidos de hierro, y diversos tipos de estructuras de corriente, boxworks y alveolos. Sobre bloques cercanos al mar, muchas áreas presentan un microlapiaz litoral.

Las filtraciones de agua dulce (y el agua de lluvia) ocupan y forman pozas en las cuevas (a distintas alturas sobre el nivel de bajar) 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 bajar, utilizando malla de plancton. En total prospectamos algo más de 200 m de galerías subterráneas. Es frecuente hallar, en el interior de las cavidades, puntos donde el fuerte oleaje y las mareas han depositado restos orgánicos e inorgánicos, tales como maderas (recubiertas por organismos incrustantes del fouling), boyas, despojos de cangrejos y de algas marinas. En las zonas de penumbra son comunes tapices de algas verdes, algas rojas y líquenes. Se trata así de un hábitat litoral rico en recursos tróficos.

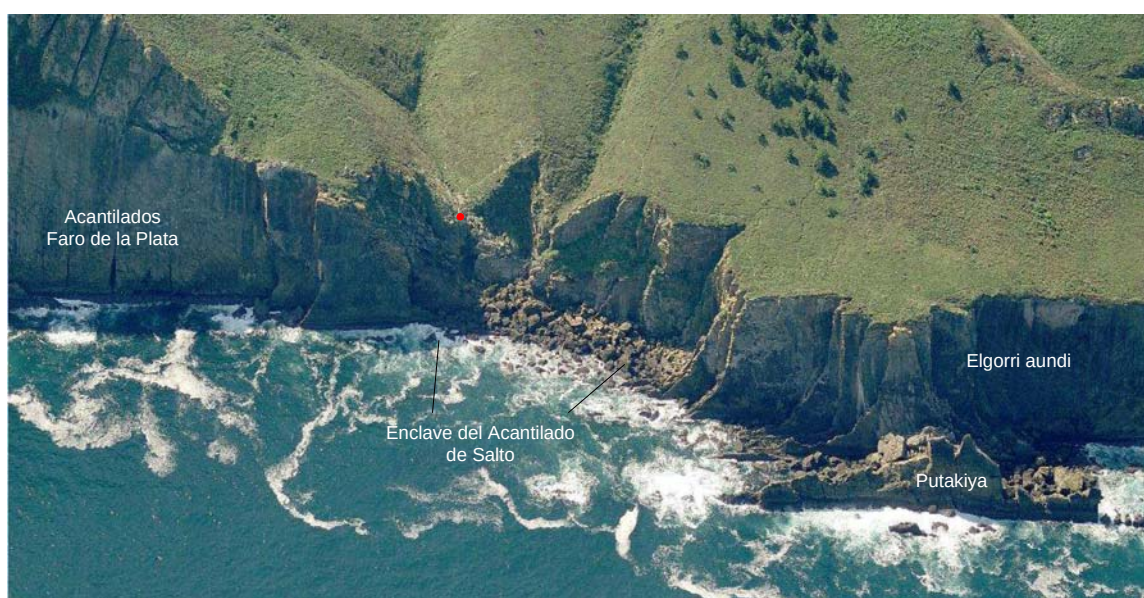
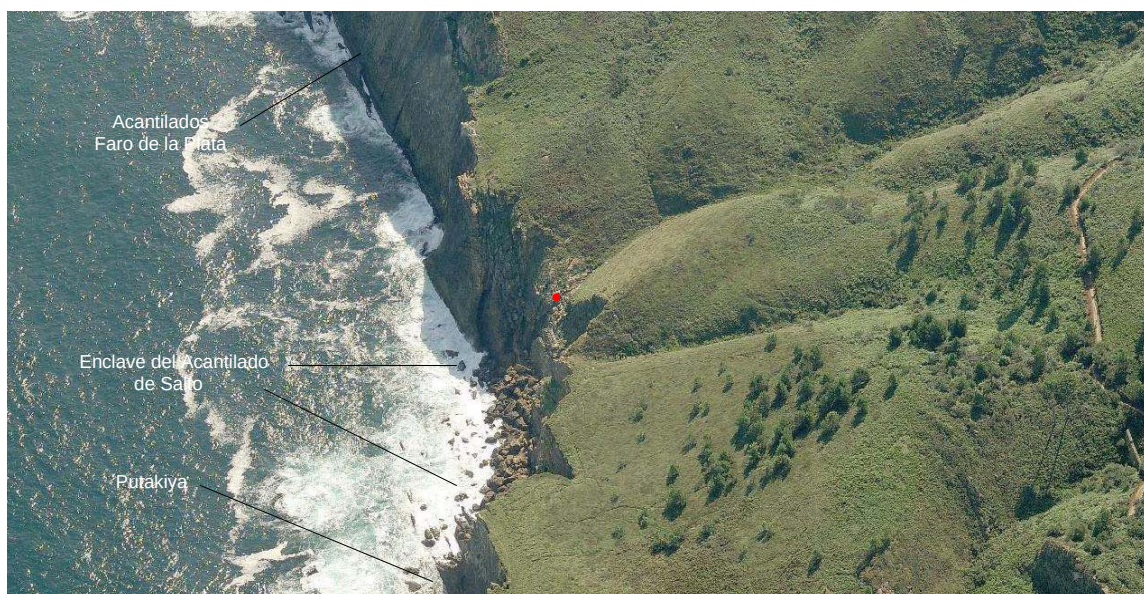
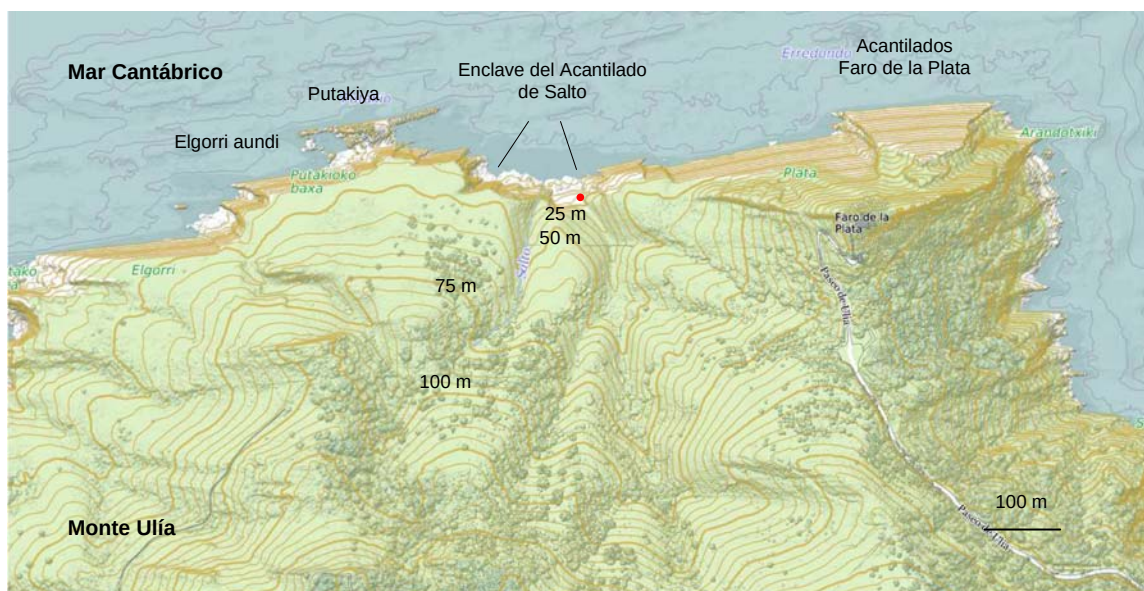


Figura 01. Localización del enclave del Acantilado de Salto: Cartografía digital b5m (arriba) y Vistas a vuelo de pájaro desde el Oeste (centro) y desde el Norte (debajo). Fuente: b5m.gipuzkoa.net. Punto rojo: inicio del descenso.



Figura 02. Sendero de acceso sobre la costa acantilada de Elgorri aundi, con vista hacia la entrada de la ensenada de Cala Murguita (Punta Atalaya al fondo, arriba) y vista desde Elgorri aundi hacia la rasa mareal bajo el acantilado de Salto, donde convergen dos errekas (debajo), en marea baja.

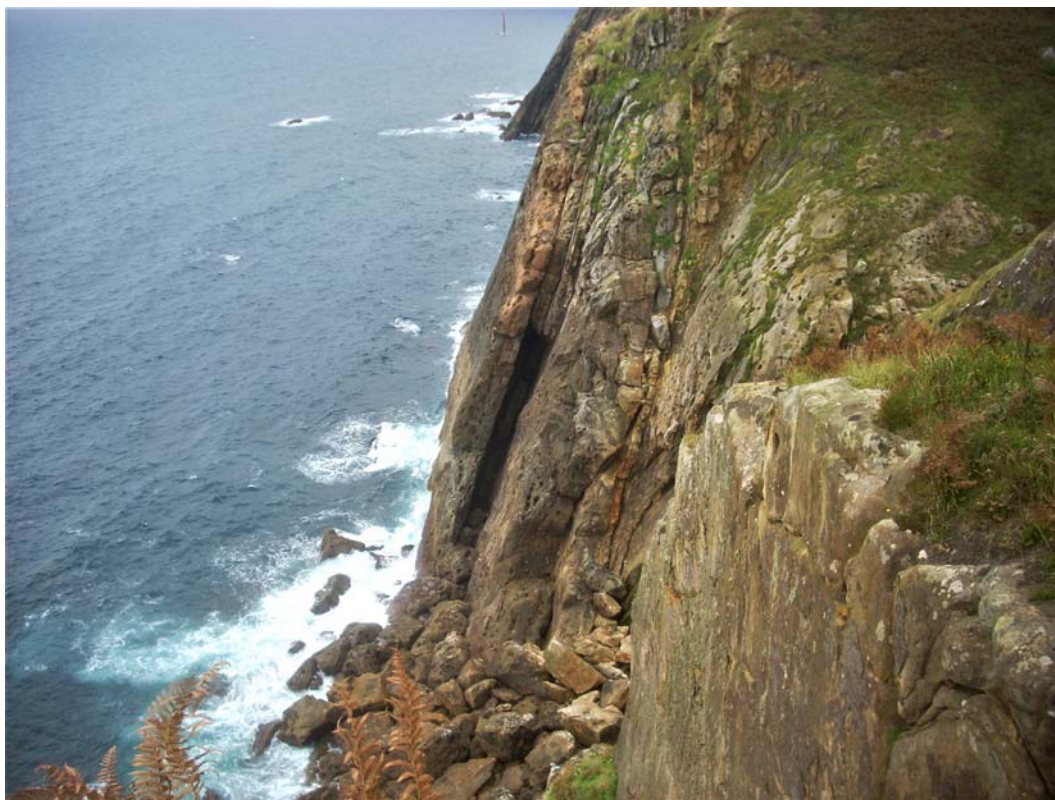


Figura 03. El acantilado de Salto, con el recorte de la vaguada E (cota +25 m), y el Faro de la Plata al fondo (arriba). El enclave de Salto llama la atención por poseer un amplio abrigo interestratos y una franja litoral de grandes bloques. A los lados del valle las paredes acantiladas alcanzan mayor desnivel (40-45 m) (debajo).



Figura 04. La vaguada E en el borde del acantilado de Salto. La vaguada E, y otra pequeña vaguada situada al W, llevan arroyos de cierto caudal. La primera cae en cascada al llegar al borde, mientras que la segunda se infiltra en un sumidero poco antes de alcanzar el mismo. Las aguas de ambos arroyos circulan luego subterráneamente a través de cuevas de recubrimiento bajo el relleno de bloques hasta alcanzar el mar, presentando biotopos de agua dulce y anquihalinos.

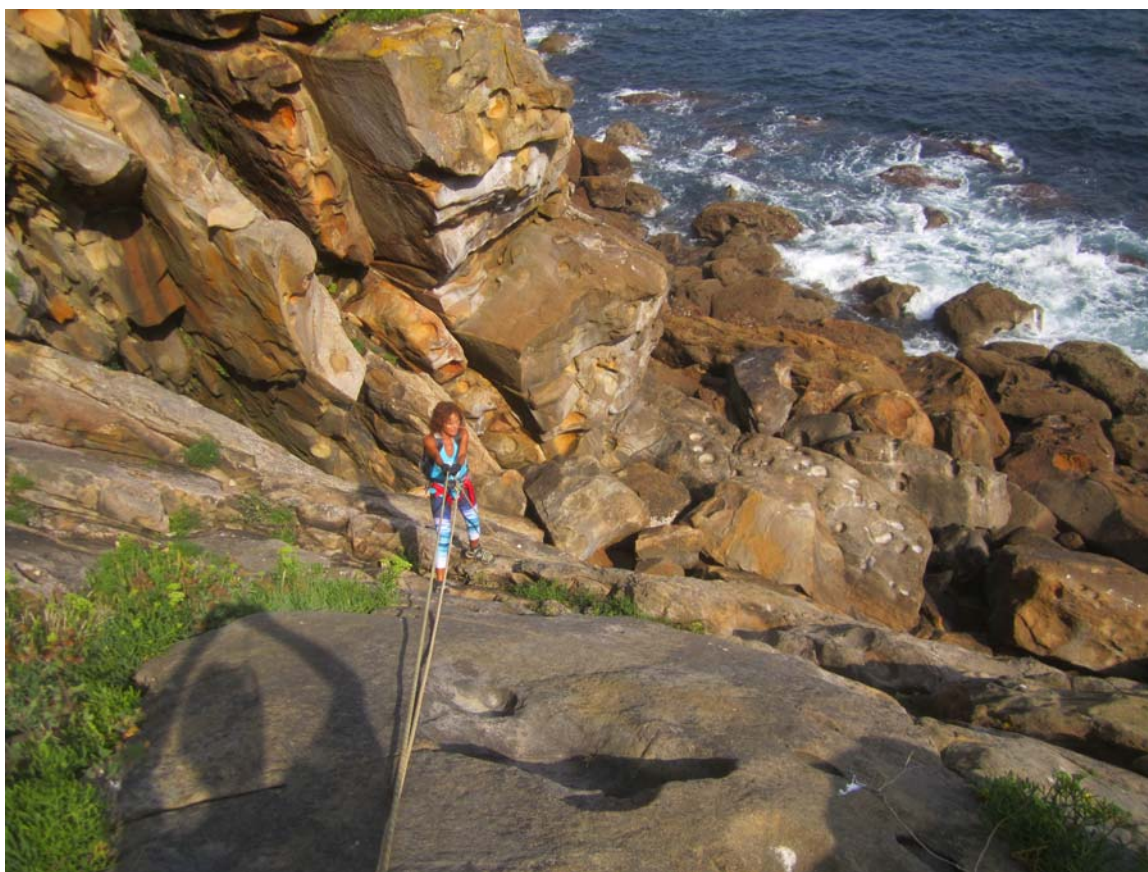


Figura 05. Cornisa con bloques en el borde e inicio del descenso de la placa del acantilado de Salto.

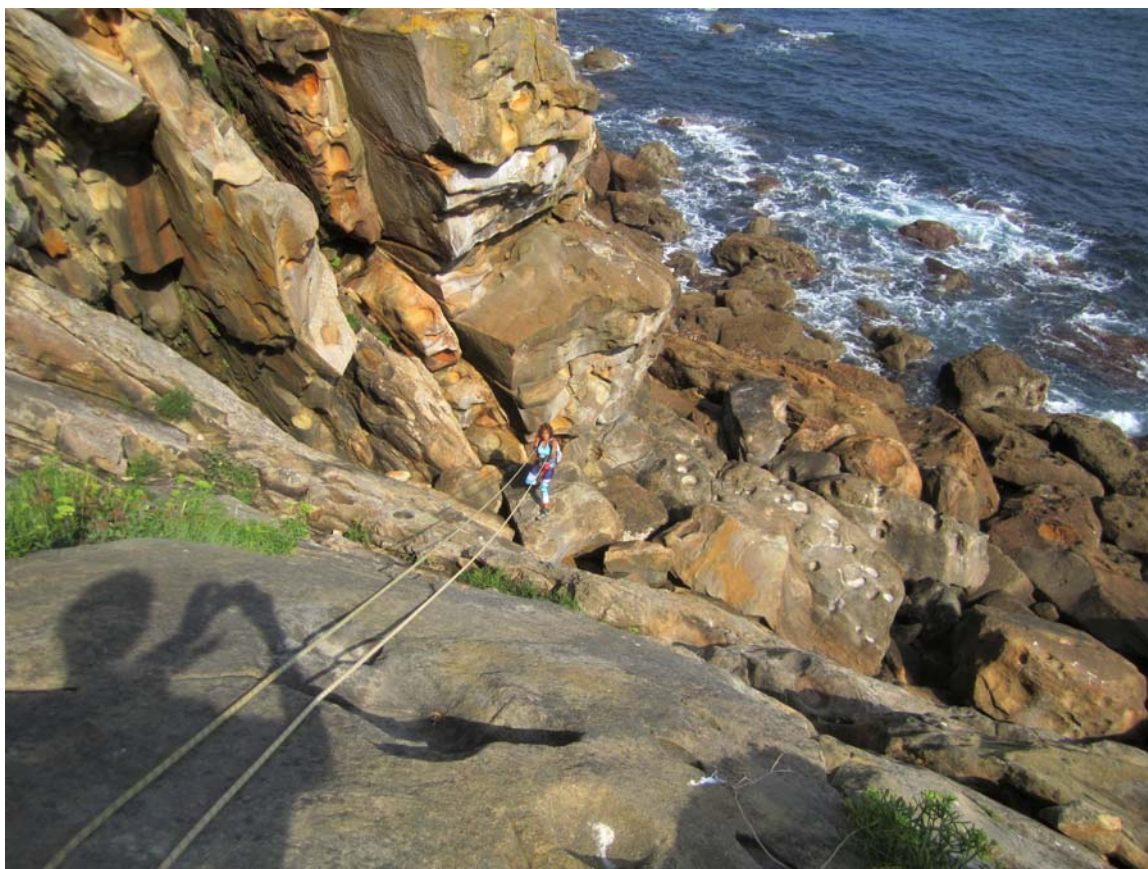


Figura 06. Diversos aspectos del descenso de la placa de -15 m del acantilado y franja litoral de grandes bloques.



Figura 07. Bloques en la base de la placa de descenso y flujos de agua del arroyo que cae en cascada laminar. Los flujos de agua dulce se infiltran bajo el relleno de bloques y circulan a través de varias cuevas hasta alcanzar el mar.



Figura 08. Vistas hacia la pared del acantilado de Salto y hacia el amplio abrigo en el extremo E del enclave (arriba) y vista de la franja de bloques hacia el W con la arista rocosa de Putakiya al fondo (debajo).



Figura 09. El agua de la vaguada W, que se sume antes del borde, reaparece en la base del acantilado (junto a otras filtraciones) para circular también bajo el relleno de bloques.



Figura 10. Acceso en marea baja al amplio abrigo-cueva del extremo E del enclave. La zona techada se extiende 15 m hacia el interior y presenta un tramo-túnel bajo un bloque en la zona de entrada.

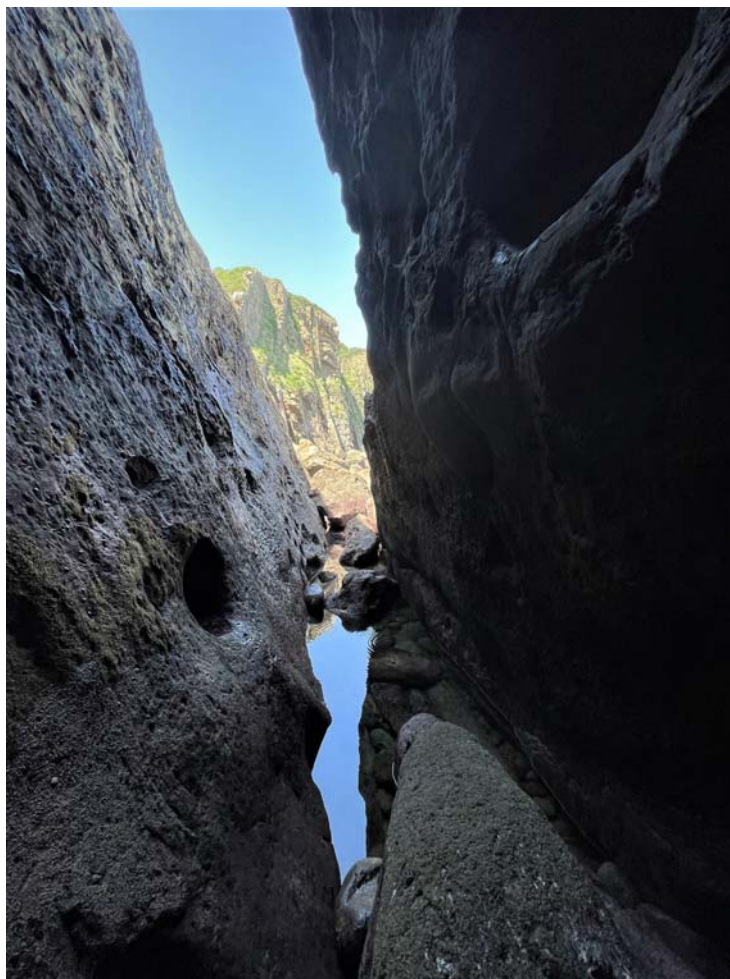
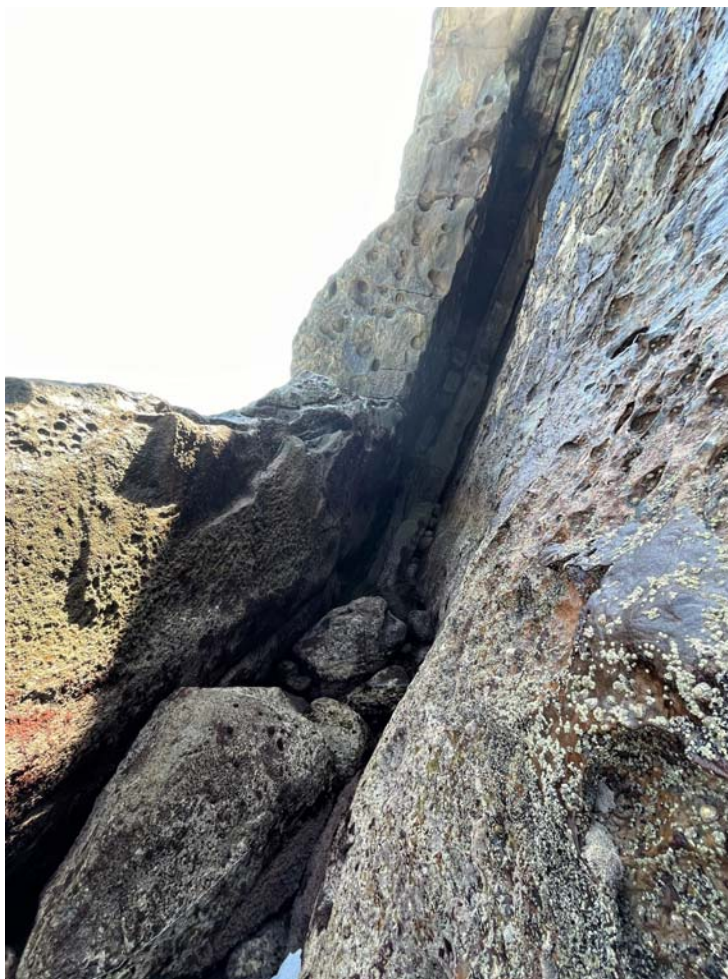


Figura 11. Vista hacia el interior del gran abrigo y desde el fondo del mismo hacia el exterior (arriba). Las olas pueden alcanzar el abrigo en marea baja (debajo) y el mar penetra en su base durante las pleamares.

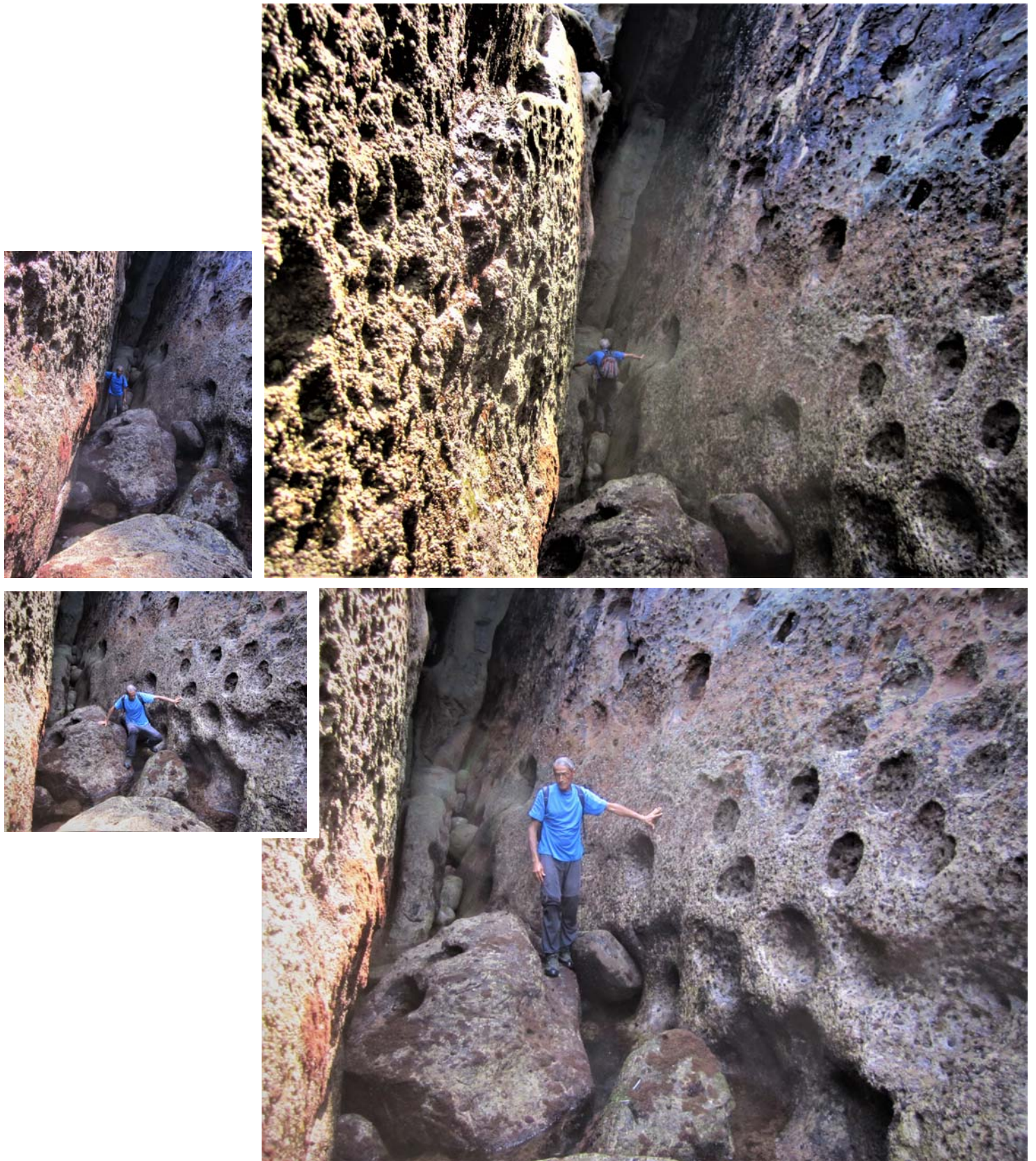


Figura 12. Interior del gran abrigo-cueva, con pozas y estanques de agua de mar y paredes con recubrimientos de algas rojas, cirrípedos dientes de perro y bioconstrucciones de poliquetos *Sabellaria alveolata*.



Figura 13. Bioconstrucciones de poliquetos *Sabellaria alveolata* junto a cirrípedos *Balanus* y *Chthamalus*, percebes *Pollicipes* y algas rojas (arriba). Cubetas con algas incrustantes blancas, poliquetos *Sabellaria*, y otros organismos (debajo) en superficie y bocas de cuevas en la zona intermareal; los percebes son frecuentes en zona oscura.

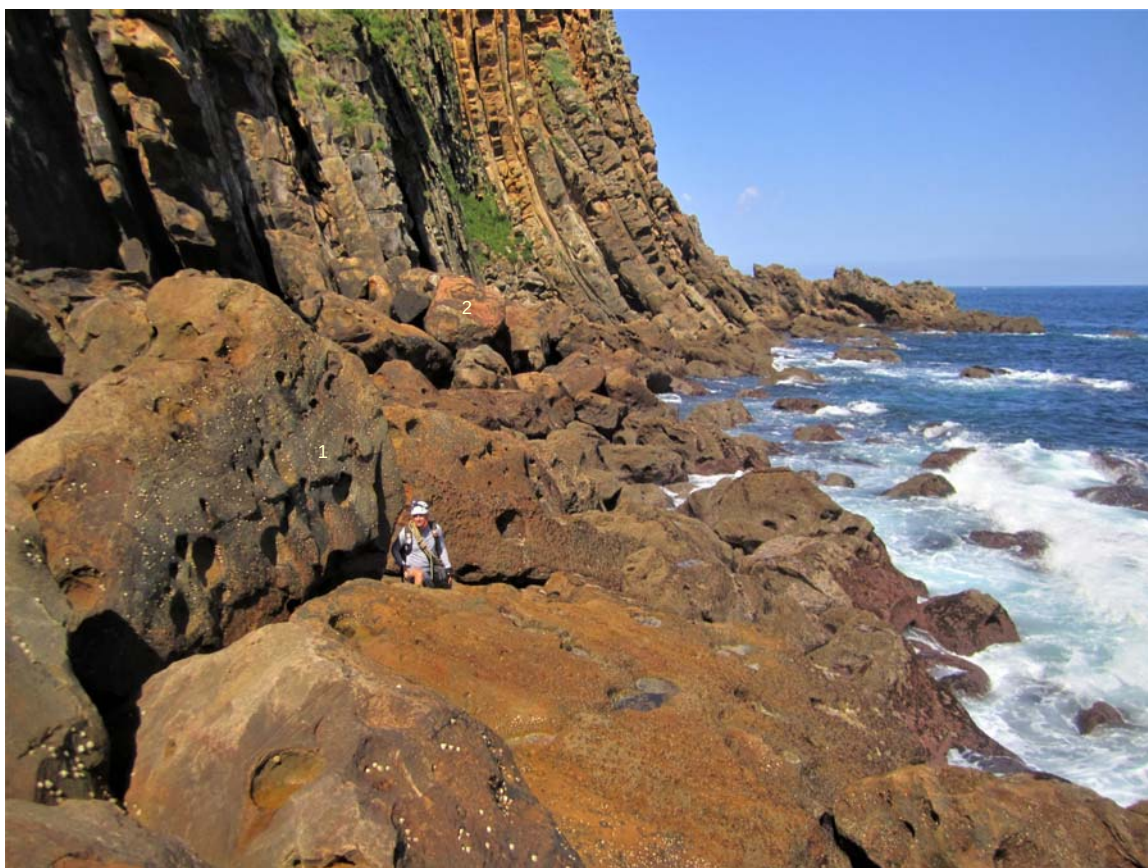


Figura 14. Vista hacia el W de la franja litoral, con el acantilado de Elgorri aundi y la arisrta de Putakiya al fondo, con marea baja. Nótese la curvatura de los estratos de los acantilados. En marea alta el mar invade la zona de bloques. Las zonas 1 y 2 presentan cuevas de recubrimiento extensas, con biotopos anquihalinos.



Figura 15. Zona de grandes bloques al pie de las paredes verticales, con geoformas y cavidades interestratos.

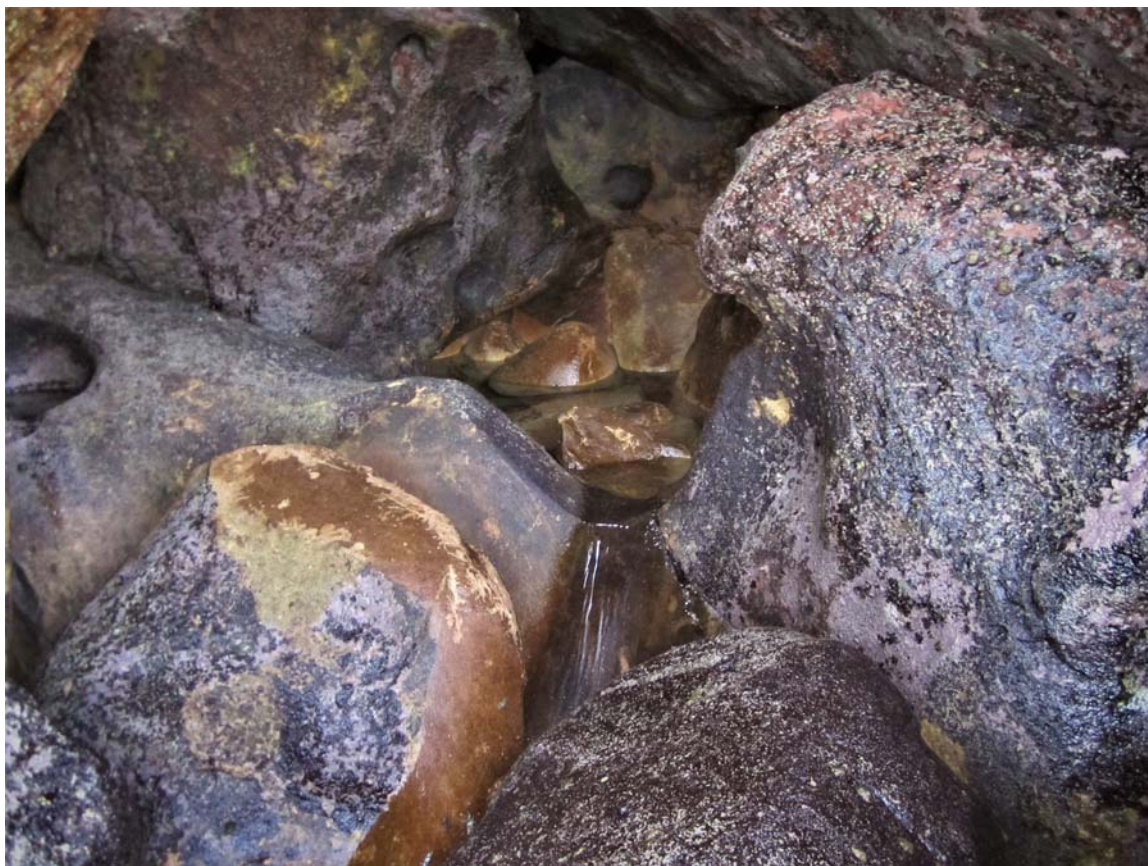


Figura 16. Cuevas de recubrimiento con pequeños ríos subterráneos de agua dulce y cubetas con mezcla de aguas y biotopos anquihalinos. Numerosas quisquillas *Palaemon elegans* habitan en las pozas de estas fotos, mientras que en el cauce superior se encuentran anfípodos *Echinogammarus berilloni* y varias especies de copépodos e isópodos.

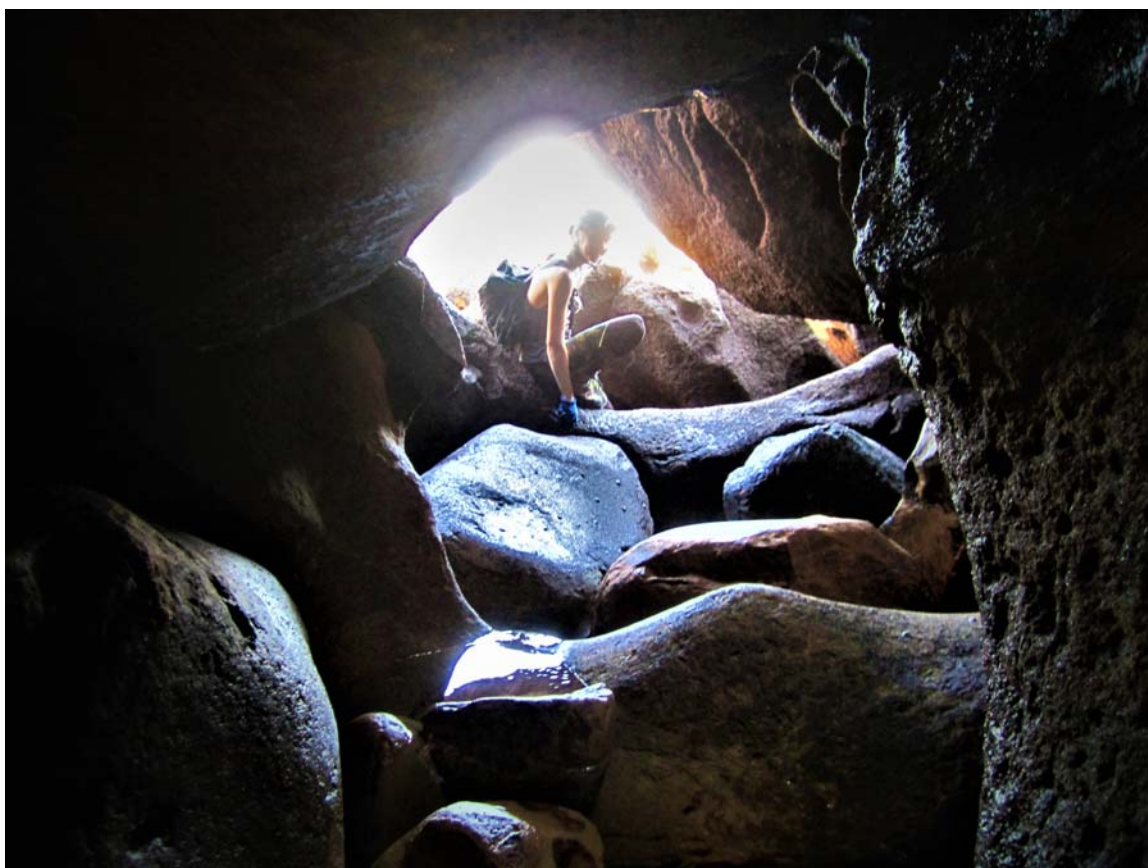
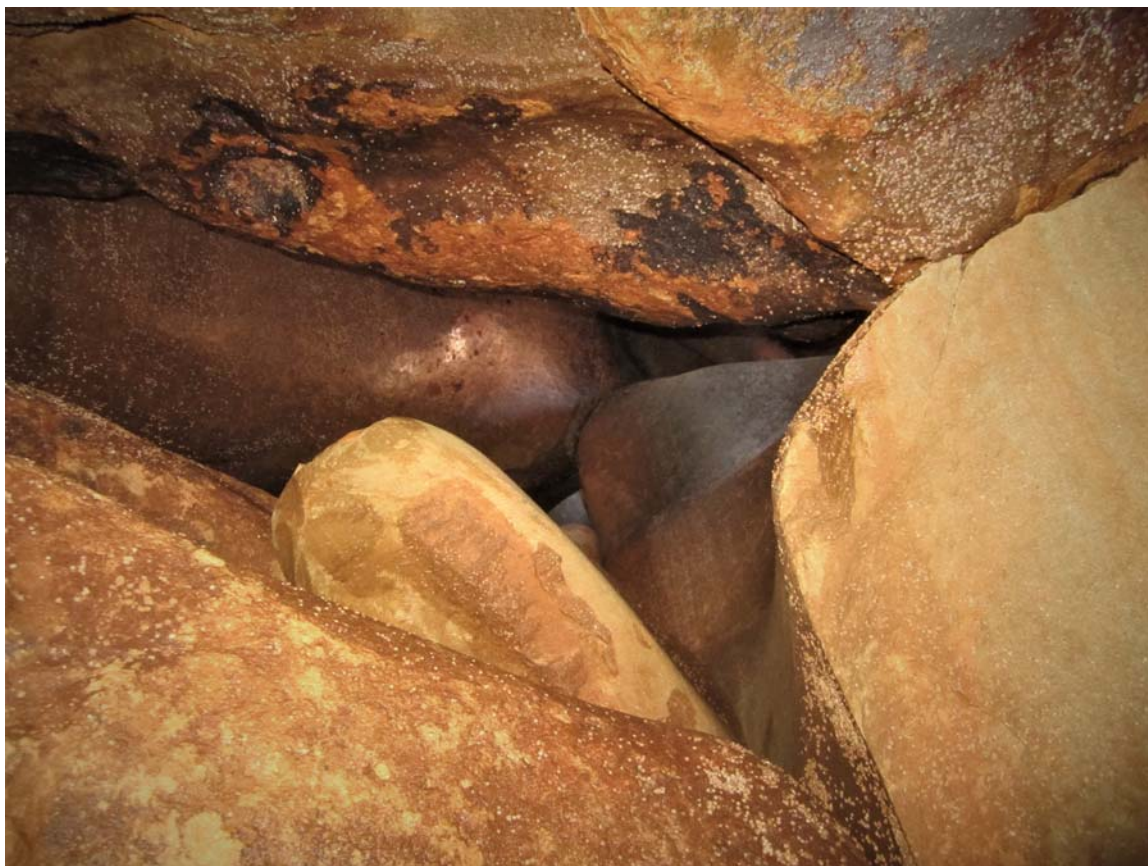


Figura 17. Diversas galerías en cuevas de recubrimiento del enclave, con cauces pulidos por el paso de las aguas.



Figura 18. Otros ejemplos de galerías en cuevas de recubrimiento, con cubetas con mezcla de aguas. Muchos habitantes de las mismas son capaces de lidiar con fuertes variaciones de salinidad y oxígeno disuelto.



Figura 19. Detalles de cuevas de recubrimiento bajo grandes bloques, con numerosas galerías menores.

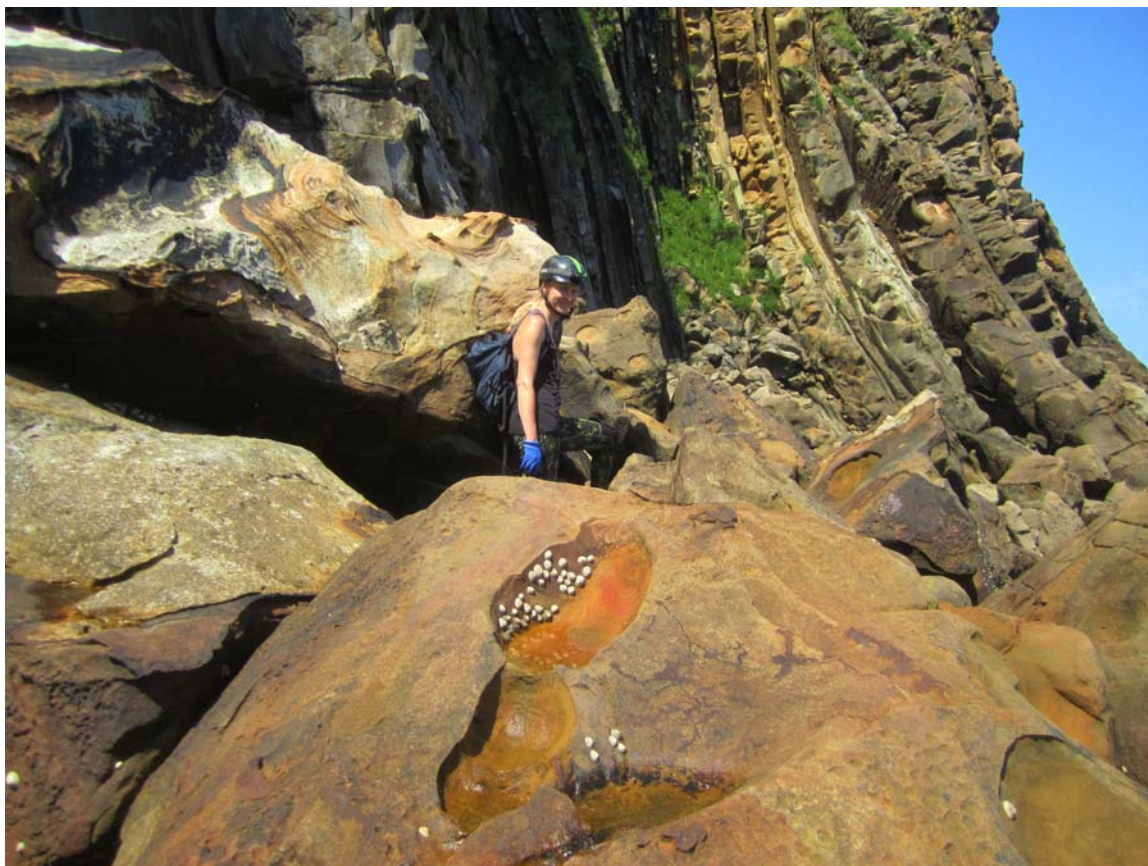


Figura 20. Zona de grandes bloques, con distintos ingresos a cuevas de recubrimiento. Se pueden apreciar algunas geoformas, tales como concavidades de cannonballs, laminaciones y estructuras de corriente. También, la curiosa distribución de lapas *Patella* dispersas y en grupos.



Figura 21. Estructuras de corriente y láminas de óxidos de hierro en los bloques de arenisca, y abrigos excavados entre los planos de estratificación (por disolución intergranular y remoción de intercalaciones delgadas de lutitas).

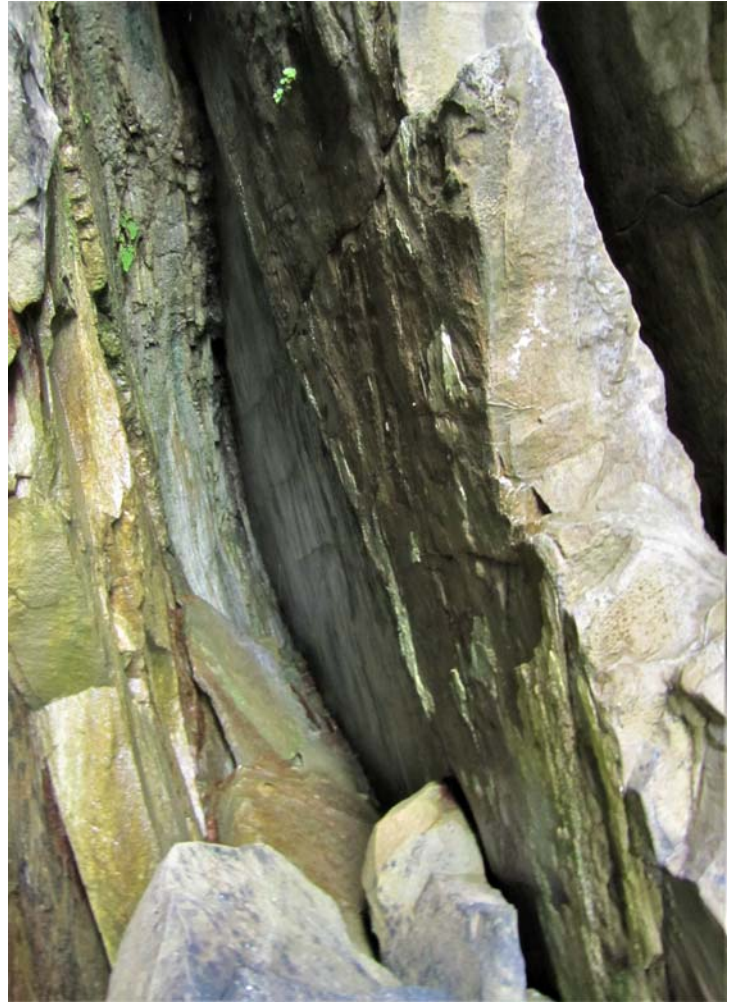


Figura 22. Abrigo-cueva interestratos con pequeña galería bajo bloques empotrados en su boca. Se nota al fondo las intercalaciones delgadas de lutitas, que han sido removidas.



Figura 23. Estratos subverticales del extremo W del acantilado de Salto, en la punta que lo separa del de Elgorri aundi y la arista rocosa de Putakiya. Nótese la ocurrencia de procesos clásticos mecánicos, lo que propicia el colapso de bloques y tramos enteros de estratos. En la imagen inferior, restos de madera aportados por el oleaje y las mareas



Figura 24. Extremo W del enclave de Salto (arriba) y vista de la franja litoral de bloques hacia el extremo E, donde se aprecia la boca del amplio abrigo-cueva interestratos (debajo, 1), así como la placa de descenso (2), en marea baja.



Figura 25. Franja de bloques y paredes del enclave del acantilado de Salto, con diversas geoformas: concavidades de cannonballs (arriba) y precipitados salinos en cubetas de las mismas (debajo).



Figura 26. Bloques en la base de la placa del acantilado y detalles de su ascenso con ayuda de cuerda.



Figura 27. Diversos aspectos del ascenso con cuerda de la placa subvertical de -15 m.



Figura 28. Parte superior de la cornisa de acceso y vaguada del vallecito superior. Las aguas del arroyo caen en cascada y luego circulan a través de varias cuevas de recubrimiento hasta alcanzar el mar. Ello genera biotopos subterráneos diversos, habitados por una fauna igualmente diversa y variablemente cavernícola.

La fauna que habita en estas cavidades contiene especies propias de ambientes esciófilos del litoral marino (grietas, espacios bajo bloques, oquedades de las rocas) o francamente hipógeos (cuevas marinas y submarinas).

El ambiente subterráneo en la zona oscura 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 la insolación directa y a las fuertes oscilaciones húmedo-seco de los ambientes de superficie. El medio acuático es por lo tanto muy variable en sus parámetros medio-ambientales. Mientras que 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 las cuevas 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. Algunas especies marinas son capaces también de ocupar pozas y cauces de agua dulce. Los invertebrados hallados comprenden especies de distintos grupos zoológicos halladas previamente en otras cuevas del litoral de Ulía. Entre las especies observadas, sólo colectamos las que nos parecieron de mayor interés.

En la zona intermareal, que alcanza una amplitud de 4,5 m en esta parte del Mar Cantábrico, son frecuentes: (1) poliquetos *Potamoceros triqueter* (Linnaeus) (Serpulidae), *Terebella lapidaria* Linnaeus (Terebellidae), *Platynereis dumerilii* (Audouin & Milne Edwards) (Nereidae); (2) caracoles marinos *Littorina neritoides* Linnaeus (Littorinidae), *Gibbula umbilicata* (da Costa) (Trochidae), lapas *Patella vulgata* Linnaeus, *Patella intermedia* Murray (Patellidae); (3) anfípodos marinos *Pontocrates arenarius* (Bate) (Oedicerotidae), *Hyale stebbingi* (Chevreux) (Hyalidae); (4) isópodos marinos *Cyathura carinata* (Kroyer) (Anthuridae) y *Dynamene bidentata* (Adams) (Sphaeromatidae); (5) cirrípedos dientes de perro *Chthamalus stellatus* (Poli) (Chthamalidae), percebes *Pollicipes pollicipes* (Gmelin) (Pollicipedidae); (6) cangrejos *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius) (Grapsidae), nécoras *Necora puber* Linnaeus (Portunidae), ermitaños *Clibanarius erythropus* (Latreille) (Diogenidae), quisquillas *Palaemon elegans* (Rathke); (7) peces *Coryphoblennius gallerita* Linnaeus (Blennidae) y *Lepadogaster lepadogaster* (Bonnaterre) (Gobiesocidae).

En cubetas con flujos de agua dulce (y en algunos casos con mezcla de aguas), son frecuentes: (8) copépodos *Megacyclops viridis* (Muir) y *Paracyclops fimbriatus* (Fisher) (Cyclopidae); (9) isópodos *Sphaeroma hookeri* Leach (Sphaeromatidae); (10) anfípodos semiterrestres *Orchestia cavimana* (Heller) (Talitridae) y dulceacuículas *Echinogammarus berilloni* Catta (Gammaridae). Un detalle curioso fue el hallazgo de gran número de quisquillas *P. elegans* en pozas de un curso subterráneo de agua dulce.

En el medio terrestre se presentan: (11) isópodos terrestres *Ligia oceanica* (Linnaeus) (Ligiidae); (12) anfípodos terrestres *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Talitridae); (12) quilópodos *Hydroschendyla submarina* (Grube) (Schendylidae) y *Strigamia maritima* (Leach) (Linotaeiidae); (12) tisanuros Machiloidea *Petrobius maritimus* (Leach) (Machilidae).

Este conjunto suma 29 taxa distintos, en su mayoría especies marinas y litorales. Los grupos mejor representados son los crustáceos, con 15 especies (5 especies de anfípodos, 4 de isópodos, 4 decápodos, 2 cirrípedos), seguidos por los moluscos (4 especies) y poliquetos (3 especies). La mayoría son especies litorales-marinas, frecuentes 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.

La representación hallada incluye 18 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 interestratos 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.

Tal vez lo más interesante de la representación faunística hallada es que incluye formas troglófilas, que habitan en biotopos thalassoideos (marinos y submarinos), en ambientes esciófilos de la rasa mareal, así como en biotopos oscuros anquihalinos, de agua dulce y terrestres. Se trata así 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. Su progresiva adaptación al medio hipógeo ha propiciado y puede propiciar la especiación y evolución troglomorfa en diferentes grupos zoológicos.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La Formación Jaizkibel ha sido estudiada desde un punto de vista geológico 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 procesos clásticos de descompresión mecánica de la roca-caja, previamente debilitada por la disolución a lo largo de fracturas, y procesos erosivos normales, que conllevan a la remoción de las 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 y flancos de la montaña.

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 29 taxa distintos, 18 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 extenso, y éste es muy rico en recursos tróficos, algo inusual en el karst clásico en caliza u otras litologías.

La ocurrencia de cavidades en arenisca en la Formación Jaizkibel no se limita a la zona litoral. Hidrogeológicamente estas cavidades están interconectadas y en comunicación con acuíferos subterráneos en la 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 altitudes sobre el nivel marino, sobretodo las especies dulceacuícolas. Ello en parte explica el hecho general de que muchos taxa de troglobios acuáticos han colonizado el medio hipógeo continental directamente a partir del mar (Vandel, 1964; Galán, 1993). El caso observado de decápodos *P. elegans* invadiendo aguas dulces habitadas por anfípodos *E. berilloni* es un nuevo ejemplo de ello.

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 Gipuzkoa: 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. & 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. & 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. Espeleol. 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. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 40 pp.
- Galán, C.; J. Forstner & J.M. Rivas. 2017. Cavidades entre estratos de arenisca de la Formación Jaizkibel en el acantilado de Elgorri aundi (San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 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. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 42 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.
- Galán, C.; M. Nieto; J. Daza & A. Gozategi. 2022. Punta de Usotaita 2: cuevas en arenisca y fauna hipógea (monte Ulía, San Sebastián). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 40 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.
- Vandel, A. 1964. Biospéologie: La Biologie des Animaux cavernicoles. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 619 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.