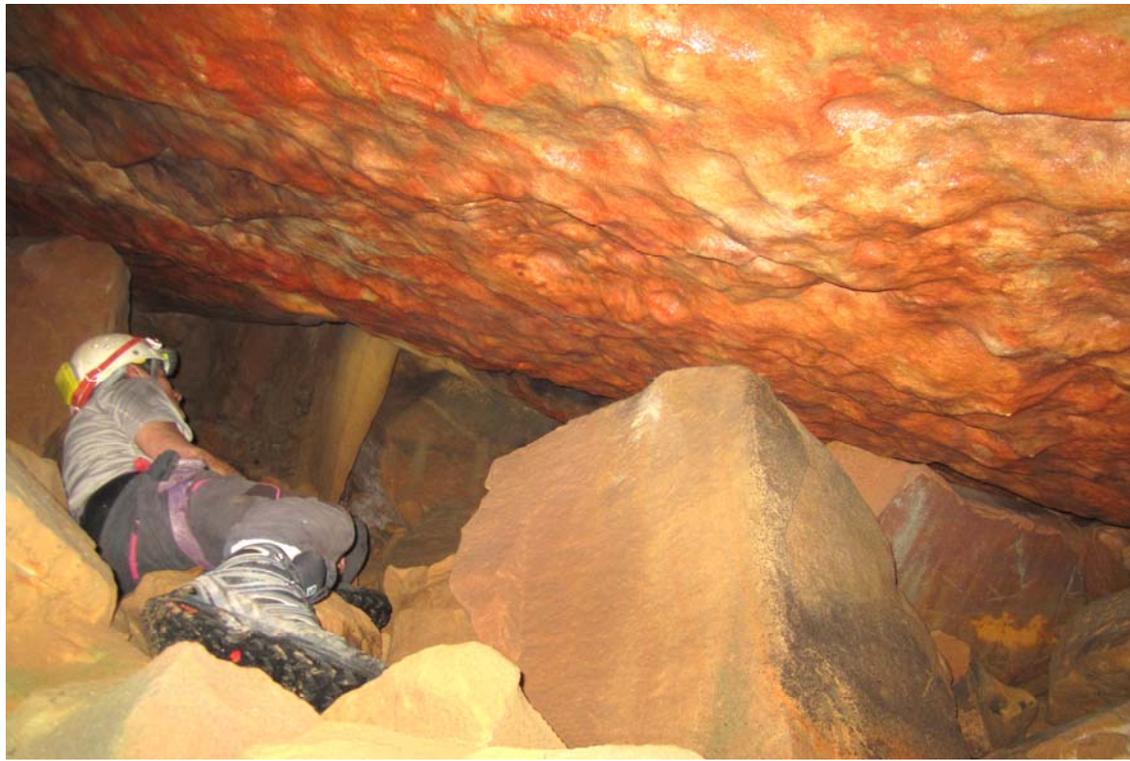


**FAUNA CAVERNÍCOLA EN UNA SIMA CON BIOTOPOS ANQUIHALINOS EN EL LITORAL DE ULÍA  
(ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL, PAÍS VASCO).**

Cave fauna in an abyss with anchihaline biotopes in the Ulía littoral (sandstone of the Jaizkibel Formation, Basque Country).



**Carlos GALÁN; Iñigo HERRAIZ & Marian NIETO.** Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

# FAUNA CAVERNÍCOLA EN UNA SIMA CON BIOTOPOS ANQUIHALINOS EN EL LITORAL DE ULÍA (ARENISCA DE LA FORMACIÓN JAIZKIBEL, PAÍS VASCO).

Cave fauna in an abyss with anchihaline biotopes in the Ulía littoral (sandstone of the Jaizkibel Formation, Basque Country).

---

**Carlos GALÁN; Iñigo HERRAIZ & Marian NIETO.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: [cegalham@yahoo.es](mailto:cegalham@yahoo.es)

Junio 2020.

## RESUMEN

El acantilado de Altu o punta E de Bajo aundi, localizado en la entrada a la ensenada de Cala Murguita, forma un abrupto y prominente espolón. Su flanco N es una placa vertical de 31 m de desnivel, que cae directamente al mar. En la parte alta se ha formado una sima entre estratos y bloques de colapso, que se desarrolla en paralelo a la placa frontal del acantilado. La sima tiene zonas en oscuridad absoluta y alcanza el nivel del mar, presentando una compleja red de espacios y galerías. Hasta las zonas bajas llegan filtraciones de agua dulce, pero la mayor parte del volumen de las pozas es de agua marina. El nivel del mar oscila 4,4 m con las mareas e invade en aguas altas las galerías inferiores. La cavidad contiene biotopos terrestres, dulceacuícolas, marinos y anquihalinos, en los que habita una interesante representación de poliquetos, cnidarios, esponjas incrustantes, moluscos, varias clases de artrópodos y peces, de hábitos variablemente cavernícolas. El trabajo describe la cavidad y su fauna.

*Palabras clave:* Biología subterránea, Cuevas anquihalinas, Karst en arenisca, Geomorfología, Hidrogeología, Ecología.

## ABSTRACT

The Altu cliff or Bajo aundi East point, located at the entrance to the cove of Cala Murguita, forms an abrupt and prominent spur. Its N flank is a vertical plate with a 31 meter drop that falls directly into the sea. In the upper part an abyss has been formed between strata and collapse blocks, which develops parallel to the cliff face plate. The abyss has areas in absolute darkness and reaches sea level, presenting a complex network of spaces and galleries. Fresh water seeps into low-lying areas, but most of the volume of the pools is seawater. The sea level oscillates 4.4 m with the tides and invades the lower galleries in high water. The cavity contains terrestrial, freshwater, marine and anchihaline biotopes, which inhabits an interesting representation of polychaetes, cnidarians, encrusting sponges, mollusks, various arthropods classes and fish, with variable cave-dwelling habits. The work describes the cavity and its fauna.

*Keywords:* Subterranean Biology, Anchihaline caves, Sandstone Karst, Geomorphology, Hydrogeology, Ecology.

## INTRODUCCION

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

Aprovechando las bajamares de días con el mar en calma, pudimos explorar una sima localizada previamente en un entrante topográfico del acantilado de Altu. El acceso hasta la cavidad requiere cuerda, ya que el flanco superior es de fuerte pendiente. La sima, de -25 m, alcanza el nivel del mar y posee una red compleja de galerías, a distintas alturas, con estanques y pozas de agua en su parte baja, así como un interesante elenco de fauna cavernícola. Al interés científico de esta cavidad se suman su curiosa geometría y coloridos rasgos estéticos, lo que ha motivado la elaboración de este trabajo, que ilustramos con fotografía digital.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo es continuación y resultado de prospecciones previas efectuadas en el litoral del monte Ulía. En su exploración se utilizaron técnicas de escalada y espeleología vertical (cuerda estática y jumars), iluminación de Leds y material topográfico Suunto. Se tomaron muestras geológicas y biológicas (con utilización de mallas de plancton), las cuales fueron estudiadas posteriormente en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon y analítica complementaria. El plano digital de la cavidad fue dibujado en programa FreeHand. Se tomaron fotografías con una cámara digital (Canon IXSUS 130), a fin de ilustrar sus principales rasgos.

## RESULTADOS

La cavidad se localiza en un entrante litoral, limitado lateralmente por escarpes verticales, en el lado W del acantilado de Altu o punta E de Bajo aundi, localizado en la entrada a la ensenada de Cala Murguita (monte Ulía, San Sebastián, País Vasco). Las coordenadas ETRS89 UTM 30N de la cavidad son: N 4.798.506; E 585.036; altitud: 22 m snm.

La placa frontal del acantilado tiene una anchura de 40-50 m en su base y 20 m en su parte superior, con un buzamiento alto a subvertical, de 70° N en promedio. Bajo el escarpe E los estratos gruesos de arenisca carbonática forman un extenso abrigo en declive, techado por paredes extraplomadas, y su interior posee numerosas geofomas en roca arenizada de colores claros (blancos y amarillentos) (Figuras 04 á 06). El escarpe W de la placa forma un entrante topográfico, limitado por paredes de 8-10 m de altura. Dicho entrante topográfico (situado al W de la placa) ha sido formado por la rotura, deslizamiento y colapso de un tramo de estratos y su base presenta grandes bloques formados por los estratos deslizados, los cuales techan la red principal de galerías.

La boca superior de la sima se abre lateralmente en la parte alta del entrante, en la base de un estrato. La entrada forma un pequeño plano que de inmediato da paso hacia el E a un sector de la sima, la cual se desarrolla entre estratos gruesos de arenisca, por disolución y remoción de intercalaciones de lutitas. Pequeños conductos entre bloques conectan a diferentes alturas con la red principal de galerías, la cual se desarrolla entre la acumulación de bloques del entrante, techada por los bloques mayores.

La ladera del monte sobre la boca superior de la sima-cueva presenta una fuerte inclinación y es conveniente asegurar el recorrido con cuerda desde un collado superior hasta la boca, ya que el terreno es herboso, sin puntos de apoyo, y resbaladizo cuando esta húmedo (lo cual es muy frecuente, por estar a la sombra en la cara N del monte). La boca forma una pequeña plataforma o replano, desde donde se accede lateralmente a la sima, que se inicia en zona techada.

Como contexto general cabe señalar que las areniscas de Ulía son parte de una secuencia de turbiditas abisales de edad Eoceno, de facies flysch, que alterna estratos gruesos de arenisca con intercalaciones delgadas de lutitas y margas. La secuencia predominantemente arenosa, de edad Eoceno inferior a medio, ha sido denominada Formación Jaizkibel y ha sido detalladamente descrita por diversos autores (Jérez et al, 1971; Campos, 1979; Kruit et al, 1972; Mutti, 1985; Rosell, 1988; Van Vliet, 1982; entre otros). La potencia total de la serie alcanza 1.500 m de espesor y se extiende a lo largo de la costa entre Hondarribia y Orío. El dispositivo estructural es monoclinial, con buzamiento generalizado hacia el Norte y deformaciones locales. Debido a la plasticidad de las rocas del flysch, el buzamiento es variable. En el área de estudio el buzamiento medio es de 70° N.

## DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

La cavidad tiene un trazado tridimensional complejo y difícil de representar topográficamente, ya que básicamente es una sima de recubrimiento, que se desarrolla entre los bloques del entrante y entre prolongaciones inter-estratos. En planta cubre un área de 45 m x 35 m, con espacios subterráneos escalonados a lo largo de -22 m de desnivel (-25 m durante las bajamares vivas). La red de galerías recorridas supera los 150 m de desarrollo espacial, presentando varias bocas-claraboyas y laminadores adicionales, así como una extensa red de mesocavernas (diámetros inferiores a 20 cm), no accesibles al ser humano, pero pobladas por fauna.

La cavidad consta de cinco sectores (S1 á S5). En el primer sector (S1) se localiza la boca superior de la cavidad, en la cota 22 m snm, contra la pared vertical del escarpe E que limita el entrante topográfico. Esta boca (cota 0) se abre en un plano de entrada en la base de la pared del escarpe y tiene un pórtico techado de 4 m de ancho x 2 m de alto. Avanzando 4 m hacia el interior se presenta un escalón vertical destrepable de -2 m que lleva a una ampliación o salita entre dos estratos de 70° de inclinación. Las paredes son compactas. La sala se obstruye en un estrecho laminador, pero escalando una laja vertical hay una continuación más amplia, que de inmediato da paso a una sima de -8 m, obstruida en su fondo por bloques y rellenos de arena.

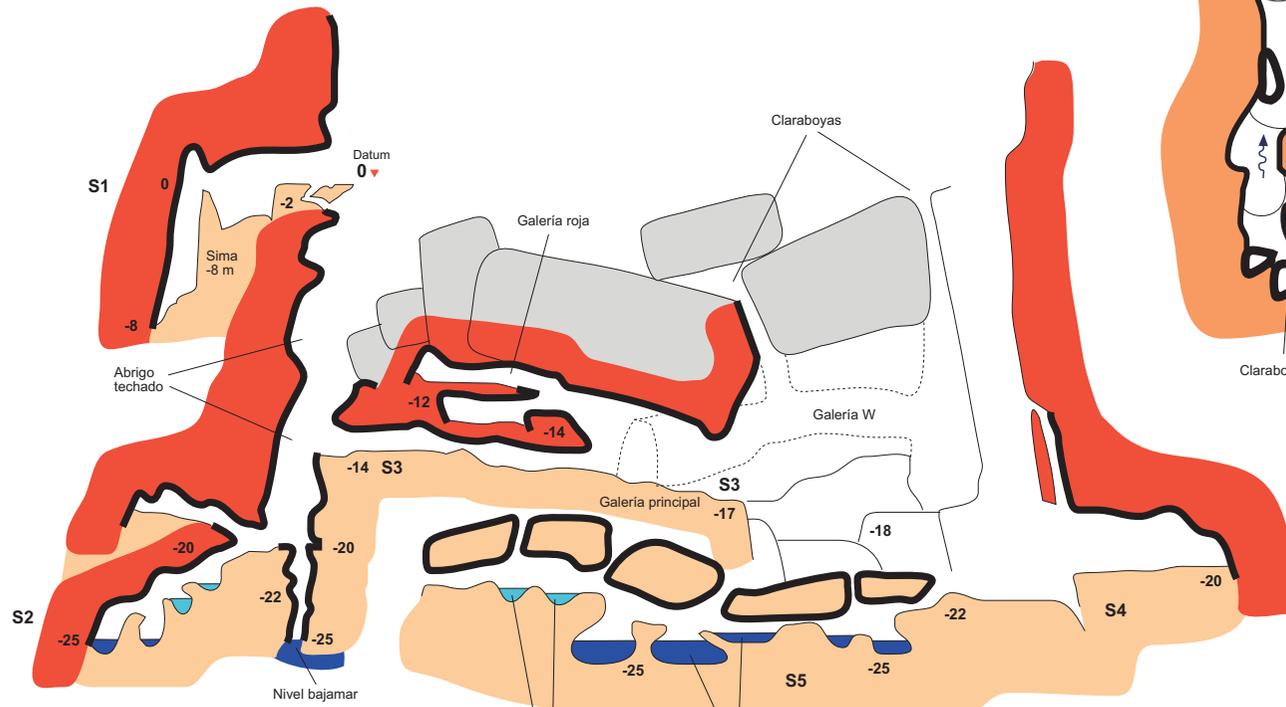
Un arrastradero en el pórtico de acceso permite acceder a la continuación de la cavidad, que prosigue como amplio abrigo descendente, techado por estratos gruesos de arenisca que sobresalen en voladizo o extraploman. Es preferible acceder al abrigo por el exterior, descendiendo con ayuda de cuerda y jumars una sucesión de bloques con escalones verticales de -2 m á -4 m. Se alcanza así en la cota -14 m otro replano, techado por el abrigo a un lado y por otro gran bloque en el lado opuesto, bajo el cual se abre un acceso horizontal al sector S3. Descendiendo con cuerda bajo el abrigo techado se alcanza en la cota -20 la entrada al sector S2, sobre una grieta encañonada que alcanza el mar. Las galerías de S2 se extienden hacia el E, bajo la placa de Altu.

Figura 01. Plano de la cavidad.

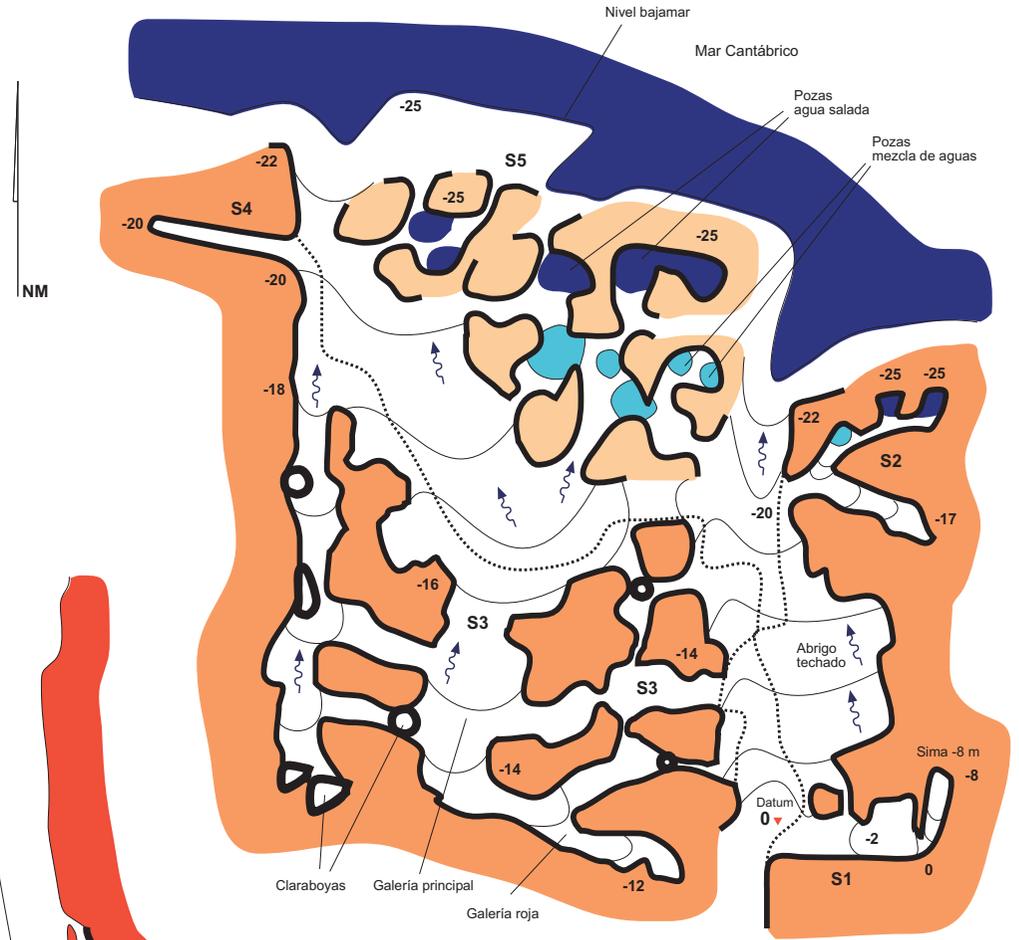
### Sima de Altu



Coordenadas ETRS89, UTM30N:  
 N 4.798.506; E 585.038. Altitud: 22 m snm.  
 Dimensiones: Desnivel: -25 m. Desarrollo espacial: 152 m.  
 Topografía: C. Galán, I. Herraiz & M. Nieto. SCA. 2020.  
 Dibujo: C. Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



PERFIL  
DESPLEGADO



PLANTA

NOTAS:  
 El sector S5 está representado esquemáticamente.  
 El desnivel de la sima es de -25 m en marea baja viva.  
 El nivel medio del mar es la cota -22 m. El perfil contiene algunas partes proyectadas: Abrigo E, parte de la galería W.  
 Dibujo: C. Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



**Figura 02.** Localización general del acantilado de Altu en el monte Ulía. Fuente imágenes: Google Earth. 2020. Vistas desde el Norte (arriba), NW (centro), y NE (debajo).



**Figura 03.** Localización del acantilado y sima de Altu en el litoral del monte Ulía. Fuente imágenes: Google Earth. 2020. Vistas desde el NW (arriba) y NE (debajo).



**Figura 04.** El acantilado de Altu esta limitado en su lado E por un escarpe vertical a extraplomado que forma un amplio abrigo descendente, con numerosas geoformas, en estratos gruesos de arenisca de colores claros. Nótese los planos de estratificación ampliados por disolución y remoción de intercalaciones de lutitas.



**Figura 05.** El largo abrigo del escarpe E del acantilado de Altu, con numerosas concavidades de cannonballs vaciados, superficies arenizadas por disolución intergranular y diversidad de geoformas alveolares.



**Figura 06.** Detalles de geoformas en las paredes del abrigo del escarpe E de Altu. Puede apreciarse las delgadas intercalaciones de lutitas (entre estratos gruesos de arenisca) y láminas de óxidos y silicatos de hierro y aluminio.



**Figura 07.** El escarpe W de la placa de Altu y el entrante topográfico, donde se abre la boca superior de la sima, en la base de la pared. Las imágenes muestran el recorrido de acceso con ayuda de cuerda, ya que el terreno herboso puede estar húmedo y resbaladizo.



**Figura 08.** Boca superior de la cavidad (sector S1) vista desde el interior, con el escalón de -2m, el paso superior, la sima de -8 m y el arrastradero entre bloques que conduce al gran abrigo. Se aprecian recubrimientos de blancos de alófono y diminutas espeleotemas botroidales de ópalo-A. Las imágenes son con flash.



**Figura 09.** El gran abrigo descendente y con paredes extraplomadas que techa zonas inferiores de bloques en el lado E. Nótese la ocurrencia escalonada de cubetas de agua. Algunas son de agua dulce y otras mixohalinas, ya que el fuerte oleaje del Cantábrico hace que las rociaduras de las olas alcancen más de 10 m de altura.



**Figura 10.** La vía de descenso por el lado E del entrante requiere el empleo de cuerda estática y jumars, ya que posee zonas deslizantes (con algas negras) y presenta una sucesión de escalones verticales de -2 á -4 m.

La boca de S2 se bifurca en Y en dos galerías, una ascendente y otra descendente. La rama ascendente es más amplia y seca, y tiene una longitud de 7 m. La otra rama, descendente, se va estrechando a lo largo de 10 m y penetra en la zona intermareal, con laminadores y pozas de agua inter-estratos que alcanzan el nivel de bajamar (cota -25 m). El nivel del mar fluctúa con las mareas y asciende 4,4 m durante las pleamares vivas. El agua de mar ingresa a las pozas a través de fracturas y conductos sumergidos.

Remontando en jumars a la cota -14, se abre hacia el W otra boca, bajo un gran bloque. Este es el acceso más práctico para recorrer el sector central de la cavidad (S3), aunque hay otras simas-claraboyas y laminadores en la parte alta y laterales del relleno de bloques. La entrada, de 1 m de alto, da paso a una ampliación o salita de techo bajo. En su extremo W un exiguo laminador (de 30 cm de alto) permite pasar a una continuación más amplia, que enlaza con la galería principal, de 4 m de diámetro.

La galería principal (S3) puede seguirse hacia abajo, donde conduce a una amplia boca en la cota -18, o hacia arriba, donde se bifurca. Una rama horizontal comunica con otra boca en paralelo, más elevada, que tiene por pared el escarpe W del entrante. En sentido ascendente se ramifica: una prolongación estrecha comunica de nuevo con la parte alta de la galería W, otra da a una sala horizontal alargada, y una tercera asciende con mayor recorrido hacia el SE (galería roja). Toda la red S3 es bastante seca y presenta paredes y superficies arenizadas (= decementadas, que se desagregan con facilidad en arena), de colores blancos, negros, amarillentos y anaranjados, con geoformas y espeleotemas milimétricas de silicatos de aluminio amorfo (alófano), ópalo-A, yeso y calcita. Estas también se encuentran en menor proporción en el sector S1. Pero destaca especialmente en los techos de la galería roja la ocurrencia de finos recubrimientos de óxidos e hidróxidos de hierro, de intenso color rojo. El sector S3 supera los 40 m de desarrollo y presenta algunas claraboyas adicionales en su parte W.

La amplia boca inferior de S3 conduce hasta una pared con geoformas (concavidades con restos de envolturas arcillo-arenosas de cannonballs) y a la boca paralela. Descendiendo sobre un caos de bloques en la zona intermareal se alcanza en la cota -20 el sector S4, con una galería interestratos de 8 m de longitud, alta y de algo menos de 1 m de anchura.

El sector S5 está constituido por pequeñas galerías, entre y bajo bloques menores, que se extienden en la zona intermareal. Estas galerías son de ambiente más húmedo, con incrustaciones biológicas (= fouling), entre ellas: numerosos cirrípedos sésiles (dientes de perro *Chthalamus*), algas blancas, pardas y rojas, moluscos (lapas *Patella* en la parte alta), numerosos cangrejos y grupos de percebes (cirrípedos *Pollicipes*) en las zonas bajas y en zona oscura. Las partes más bajas poseen estanques y pozas de agua de mar. Sobre las paredes deslizan en varios sitios películas de agua dulce, que percolan de fisuras en la arenisca, y que han excavado marmitas con pequeñas pozas de agua dulce. Algunas pozas en la zona intermareal presentan así una mezcla de aguas y un carácter anquihalino (Stock et al, 1986), con varios cms de agua dulce en superficie y agua salada, más densa, en la mayor parte de la columna. Por lo que la cavidad contiene biotopos fluctuantes, de carácter mixto y anquihalino. La red de S5 presenta comunicaciones entre bloques por las que también es factible acceder a través de pasos muy estrechos a la red de S3.

Aunque en todos los sectores hay zonas en penumbra, más del 50% de las galerías se encuentra en zona oscura o de débil intensidad lumínica, y aproximadamente el 25% en oscuridad absoluta. La temperatura ambiente a finales de mayo era de 15°C y la del agua de mar de 17°C. En período invernal el agua de mar alcanza 10°C y el ambiente profundo una temperatura media de 13°C.

La cavidad totaliza un desarrollo espacial de 152 m y un desnivel de -25 m en bajamar (el nivel medio del mar es la cota -22 m). Ver plano de la cavidad en Figura 01, localización en Figuras 02-03 y fotos de la cavidad y su entorno en Figuras 07 á 28.

## BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

La sima de Altu posee una diversidad de ambientes y de zonas gradacionales. Las pozas, estanques y pequeñas circulaciones de aguas subterráneas encontradas en la cavidad pueden ser dulces, salobres, marinas y anquihalinas. La ocurrencia de aguas salobres y mixohalinas resulta de la intermitente inundación de parte de las galerías durante las pleamares. Los cuerpos de agua contienen especies acuáticas capaces de lidiar con fuertes variaciones de salinidad y contenidos de oxígeno disuelto. Como lo prueba la presencia de especies cavernícolas de anfipodos, copépodos, y crustáceos Mystacocarida (grupo primitivo, emparentado con el taxón Cámbrico *Skara*) en cuevas cercanas del litoral de Ulía (Galán & Nieto, 2016). A ello se suma la ocurrencia de especies crípticas que frecuentan cuevas y biotopos creviculares submarinos, y la de especies marinas cuyas fases larvarias han alcanzado la zona oscura de la cavidad y pueden vivir en ella al menos parte de su ciclo.

La fauna terrestre en zona oscura contiene varias especies troglófilas, capaces de completar su ciclo de vida en el hábitat hipógeo (como ocurre en anfipodos Talitridae, isópodos Ligiidae, pseudoescorpiones Neobisiidae, y colémbolos Neanuridae). No obstante, la mayoría de los invertebrados cavernícolas terrestres no parecen presentar troglomorfismo, aunque sí adaptaciones especiales para lidiar con las variables condiciones de este dinámico hábitat transicional. La fauna terrestre estudiada ha sido hallada en galerías y mesocavernas, en zona oscura, por encima del nivel de pleamar, pero muchas especies se desplazan a la zona intertidal durante las bajamares, particularmente a áreas con rellenos de arenas (producto de la desagregación de la arenisca), despojos de algas, madera y restos orgánicos aportados por las mareas y temporales. La fauna acuática comprende varias especies troglófilas de agua dulce (= stygófilas), pero en las pozas inferiores predominan las especies litorales y marinas. Muchos de los organismos de estas categorías muestran habilidades anfibia, siendo capaces de soportar inundaciones o desecaciones periódicas. Rasgo bastante extendido entre habitantes de las zonas litorales.

A continuación presentamos los principales rasgos biológicos y ecológicos de las especies halladas, haciendo comentarios más extensos sobre las especies menos conocidas y/o menos frecuentes en cuevas. Algunas de estas especies ya habían sido citadas de cavidades en otros enclaves de la Formación Jaizkibel (Galán, 2001, 2017; Galán & Nieto, 2016; Galán & Forstner, 2017; Galán et al, 2013, 2017, 2019). Un listado de las especies halladas es presentado en la Tabla 1. Algunos ejemplos en Figuras 29 á 31.

**Tabla 1.** Lista de las especies identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 32 taxa (en azul, formas marinas; en violeta formas de agua dulce; en negro, formas terrestres).

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Porifera Demospongia	Esperiopsidae	<i>Crambe crambe</i> (Schmidt)	Troglógeno
Cnidaria	Actiniidae	<i>Actinia equina</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Polychaeta	Terebellidae	<i>Terebella lapidaria</i> Linnaeus	Troglógeno
Polychaeta	Spionidae	<i>Scolelepis squamata</i> (Müller)	Troglógeno
Polychaeta	Nereidae	<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards)	Troglógeno
Mollusca	Littorinidae	<i>Littorina neritoides</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Mollusca	Trochidae	<i>Gibbula umbilicalis</i> (da Costa)	Troglógeno
Mollusca	Patellidae	<i>Patella intermedia</i> Murray	Troglógeno
Pseudoescorpiones	Neobisiidae	<i>Neobisium maritimum</i> Leach	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	<i>Meta menardi</i> (Latreille)	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	<i>Metellina merianae</i> (Scopoli)	Troglófilo
Copepoda	Cyclopidae	<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer)	Stygófilo
Copepoda	Cyclopidae	<i>Megacyclops viridis</i> (Murine)	Stygófilo
Isopoda	Sphaeromatidae	<i>Sphaeroma hookeri</i> Leach	Stygófilo
Isopoda	Ligiidae	<i>Ligia oceanica</i> (Linnaeus)	Troglófilo
Isopoda	Porcellionidae	<i>Porcelio scaber</i> Latreille	Troglófilo
Amphipoda	Talitridae	<i>Orchestia gammarellus</i> (Pallas)	Troglófilo
Amphipoda	Oedicerotidae	<i>Pontocrates arenarius</i> (Bate)	Stygófilo
Amphipoda	Gammaridae	<i>Echinogammarus berilloni</i> Catta	Stygófilo
Cirripedia	Chthamidae	<i>Chthalamus stellatus</i> (Poli)	Troglógeno
Cirripedia	Pollicipedidae	<i>Pollicipes pollicipes</i> (Gmelin)	Stygófilo
Decapoda	Grapsidae	<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius)	Troglógeno
Decapoda	Portunidae	<i>Portunus puber</i> Linnaeus	Troglógeno
Decapoda	Palaemonidae	<i>Palaemon elegans</i> (Rathke)	Troglógeno
Chilopoda	Schendylidae	<i>Hydroschendyla submarina</i> (Grube)	Troglófilo
Chilopoda	Linotaeniidae	<i>Strigamia maritima</i> (Leach)	Troglófilo
Collembola	Neanuridae	<i>Anurida maritima</i> (Guérin-Méneville)	Troglófilo
Tysanura Machiloidea	Machilidae	<i>Petrobius maritimus</i> (Leach)	Troglófilo
Diptera	Micetophilidae	Indeterminados	Troglógeno
Diptera	Culicidae & Tipulidae	Indeterminados	Troglógeno
Peces	Blennidae	<i>Coryphoblennius galerita</i> Linnaeus	Troglógeno
Peces	Gobiesocidae	<i>Lepadogaster lepadogaster</i> (Bonnaterre)	Troglógeno

En el ambiente terrestre los arácnidos incluyen al pseudoescorpión *Neobisium maritimum* (Neobisiidae) y a los conocidos araneidos *Meta menardi* y *Metellina merianae* (Tetragnathidae). El primero habita en la zona profunda y preda preferentemente sobre isópodos, colémbolos y otros artrópodos, mientras que las arañas frecuentan las zonas de entrada cercanas a la bocas y predan sobre dípteros troglógenos que se refugian en este tipo de cuevas, sobre todo especies fungívoras de Mycetophilidae que acuden a los detritos, más otras especies de Culicidae y Tipulidae, comunes también en cuevas en caliza en la región.

Habitualmente los bioespeleólogos están acostumbrados a encontrar pseudoescorpiones en cuevas, asociados a ambientes de bosque húmedo, hojarasca y musgos, pero este grupo también tiene representantes que habitan en ambientes xerófilos o en ambientes halófilos litorales. Este último es el caso de *Neobisium maritimum*. Esta especie alcanza 3,2 mm de talla, tiene dos pares

de ojos frontales, cuerpo de color negro con pedipalpos marrón-rojizos, y habita preferentemente en grietas de las rocas y bajo piedras en la zona supralitoral, estando distribuida en parte del litoral atlántico europeo. Soporta las salpicaduras del oleaje y puede sobrevivir sumergido por las mareas por varias horas o días, protegiéndose en cámaras construidas con su propia seda o utilizando burbujas de aire que quedan aprisionadas (Beier, 1963; Galán, 2001; Zaragoza & Galán, 2007). Su localización en cuevas litorales debe entenderse como una continuidad de su hábitat típico. En la cavidad habita en zona oscura, en paredes y fisuras en la zona de oscilación de las mareas. Preda sobre isópodos, colémbolos, tisanuros, dípteros, alimentándose también de restos orgánicos de cangrejos. Captura sus presas sujetándolas con las pinzas de sus pedipalpos e inyectándoles veneno para inmovilizarlas y luego comenzar a masticarlas con los quelíceros y con ayuda de sus jugos digestivos.

Los isópodos terrestres están representados por *Ligia oceanica* (Ligiidae) y *Porcellio scaber* (Porcellionidae). Generalmente se los encuentra sobre superficies rocosas. *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. Una tercera especie, *Sphaeroma hookeri* (Sphaeromatidae), puede considerarse un isópodo de aguas salobres, aunque puede desplazarse en el medio terrestre. Entre los restos de algas y bajo piedras también se encuentra el anfípodo terrestre *Orchestia gammarellus* (Talitridae).

*Porcellio scaber* es una especie de isópodo, muy común y ampliamente conocido en cuevas de la región vasca, incluyendo cavidades litorales en arenisca. Presenta una coloración muy variable, pudiéndose encontrar ejemplares de color gris o marrón, junto a otros con los bordes o toda la parte superior cubiertos de manchas claras. Alcanza 17-18 mm de talla y se distribuye por Europa occidental. Vive en una amplia variedad de hábitats húmedos y oscuros. En la sima de Altu es muy frecuente sobre las paredes en zona oscura.

*Ligia oceanica* es una especie litoral, frecuente en el Atlántico y el Mediterráneo. Vive en la zona rocosa intermareal superior, donde es abundante. Es especialmente común en grietas, bajo piedras y pozas litorales. Pero pocas veces ha sido reportada de cuevas. De cuerpo oval y aplanado, alcanza 20-25 mm de talla, con largas antenas y ojos negros. Su color varía de gris a verdoso. Es una forma omnívora que en litoral externo emerge de noche para alimentarse de muy diversos tipos de algas, diatomeas y detritos. Se reproduce solo una vez y tiene una vida promedio de 2-3 años. En cuevas en arenisca del litoral de Ulía es muy frecuente en cuevas de recubrimiento e interstratos, encontrándose cerca de depósitos de marea.

La tercera especie de isópodo hallada, *Sphaeroma hookeri* (Sphaeromatidae), es una especie acuática, de aguas salobres de baja salinidad. El suborden *Sphaeromidea* (al cual pertenece esta familia) está compuesto principalmente por animales marinos. Los cuerpos de estos isópodos son convexos y tienen la capacidad de volución, es decir, pueden enrollarse sobre sí mismos formando una bola, por lo cual han recibido el nombre de "esferómidos". La familia *Sphaeromatidae* tiene algunos representantes troglóbios en Europa (*Caecosphaeroma*, *Monolistra*, *Microlistra*) que ilustran el pasaje de ancestros marinos, progresivamente adaptados a ambientes salobres, y luego a aguas dulces subterráneas. *Sphaeroma hookeri* es una especie de 8 mm de talla típica de aguas salobres (tolera desde salinidades próximas a la del mar hasta aguas prácticamente dulces). Fue citada por Margalef & Balcells (1951) de un meandro de agua salobre en San Sebastián y posteriormente encontrada en la Cueva de Unanue, cuyo río subterráneo es alimentado por el Sumidero de Matxitxu (a escasos 4 Km de Ondarreta, San Sebastián) (Galán, 1993). Es conocida de lagunas salobres del litoral mediterráneo occidental y del atlántico europeo. Puede ser considerada una forma troglófila. Se alimenta principalmente de detritos vegetales.

Los anfípodos comprenden varias especies, acuáticas y terrestres. *Orchestia gammarellus* es un anfípodo semi-terrestre, nativo de Europa, común en zonas litorales del Atlántico, Mediterráneo y Mar Negro, extendiéndose hasta el SW de África. Aunque habitualmente vive en costas rocosas litorales y aguas costeras, en la zona intertidal, también se lo encuentra en áreas semi-terrestres, lejos del agua, siempre que esas áreas estén lo suficientemente húmedas. En las costas de guijarros, se lo encuentra debajo de los desechos en descomposición concentrados alrededor de la marca de marea alta. La especie es detritívora-omnívora, de color marrón-verdoso y alcanza 12-18 mm de talla. Los ejemplares hallados en la sima eran bastante depigmentados, de color blanco-grisáceo, aunque con ojos desarrollados. Frecuentes en torno a detritos de algas en el borde de pozas de agua marina.

Otra especie de anfípodo, hallado en las pozas y estanques subterráneos, es la especie marina *Pontocrates arenarius* (Oedicerotidae), forma propia de la zona litoral y sublitoral entre 0 y 30 m de profundidad, de amplia distribución europea, desde el Atlántico norte hasta el Mediterráneo occidental. Colectada con malla de plancton en pozas subterráneas, es una especie marina de cuerpo robusto, ojos grandes, antenas robustas con flagelos filiformes, más largos que el cuerpo, gnatópodos delgados, antenas y pereiópodos con setas robustas, urópodos delgados y espinosos, y telson redondeado. Alcanza 6,5 mm de talla y es de color blancuzco a amarillento. Los ejemplares de la sima eran depigmentados y de tegumentos translúcidos. Como otros anfípodos, son omnívoros muy voraces, consumiendo restos orgánicos de todo tipo.

En pozas de agua dulce y salobre, por encima del nivel de pleamar, encontramos otras especies de crustáceos, integrantes de la macro y/o meiofauna hipógea e intersticial. Entre ellas identificamos las siguientes: anfípodos *Echinogammarus berilloni* (Gammaridae) y dos especies de copépodos Cyclopidae.

La familia Gammaridae está representada principalmente por formas epígeas de aguas dulces y salobres continentales, pero también contiene algunas formas troglóbias en cuevas de Transcaucasia y Yugoslavia. En Gipuzkoa sólo está presente la especie epígea común *Echinogammarus berilloni*, ampliamente distribuida por todo el NE de la península ibérica, SW de Francia, isla de Jersey, Bélgica y Westfalia; no llega a Inglaterra ni a las Baleares. Vandel (1926) considera que el centro de su área es el Garona.



Figura 11. Detalles del descenso por el lado E con sucesivos escalones entre el relleno de bloques de colapso.



**Figura 12.** Zona inferior de la ruta de descenso, con grieta encañonada donde se abren las galerías del sector S2 y accesos en el lado opuesto a galerías bajo bloques de recubrimiento del sector S5.



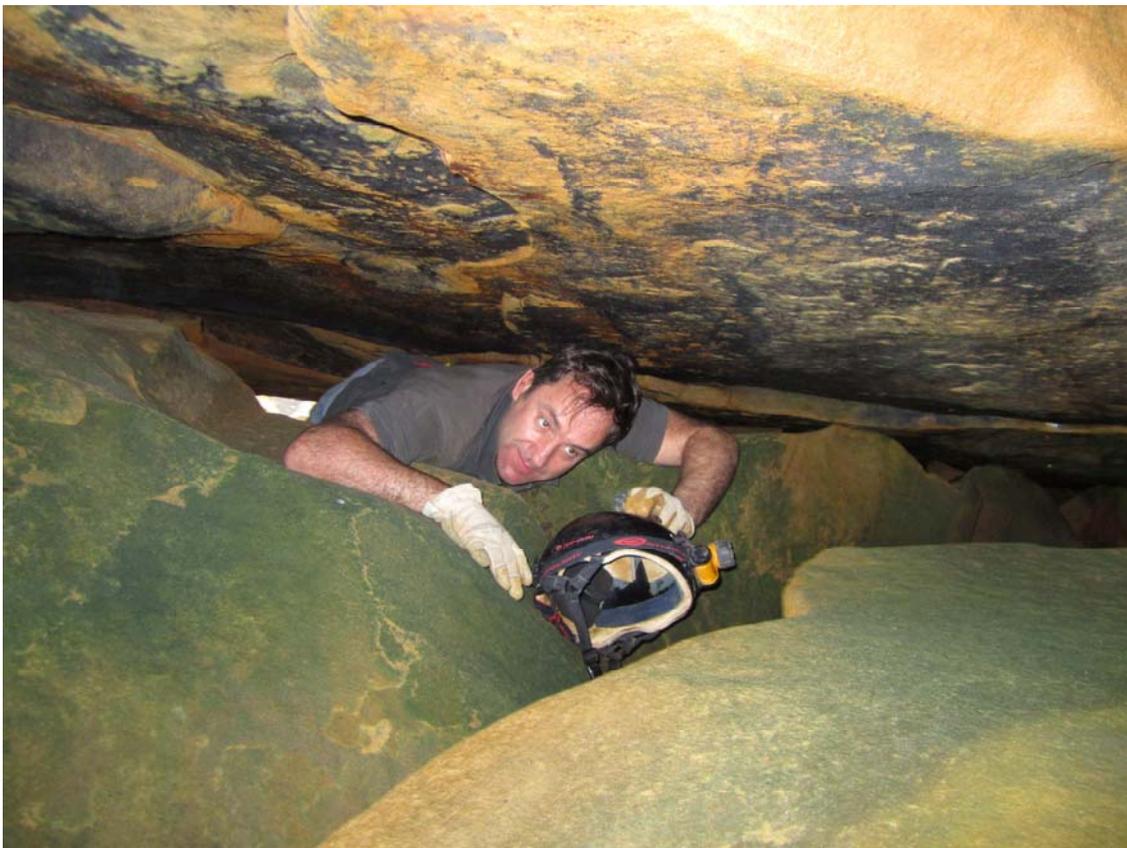
**Figura 13.** Tramo inferior del descenso, en la cota -20 m, donde se abren las galerías del sector S2. Cabe señalar que las zonas inferiores de la cavidad sólo pueden explorarse durante las bajamares vivas, en días de escaso oleaje.



**Figura 14.** Sector S2, con dos galerías que se extienden en paralelo bajo la placa de Altu, con bloques, pozas de agua marina (en la cota -25 m), anquihalina y dulce (en cotas superiores). Imágenes con flash.



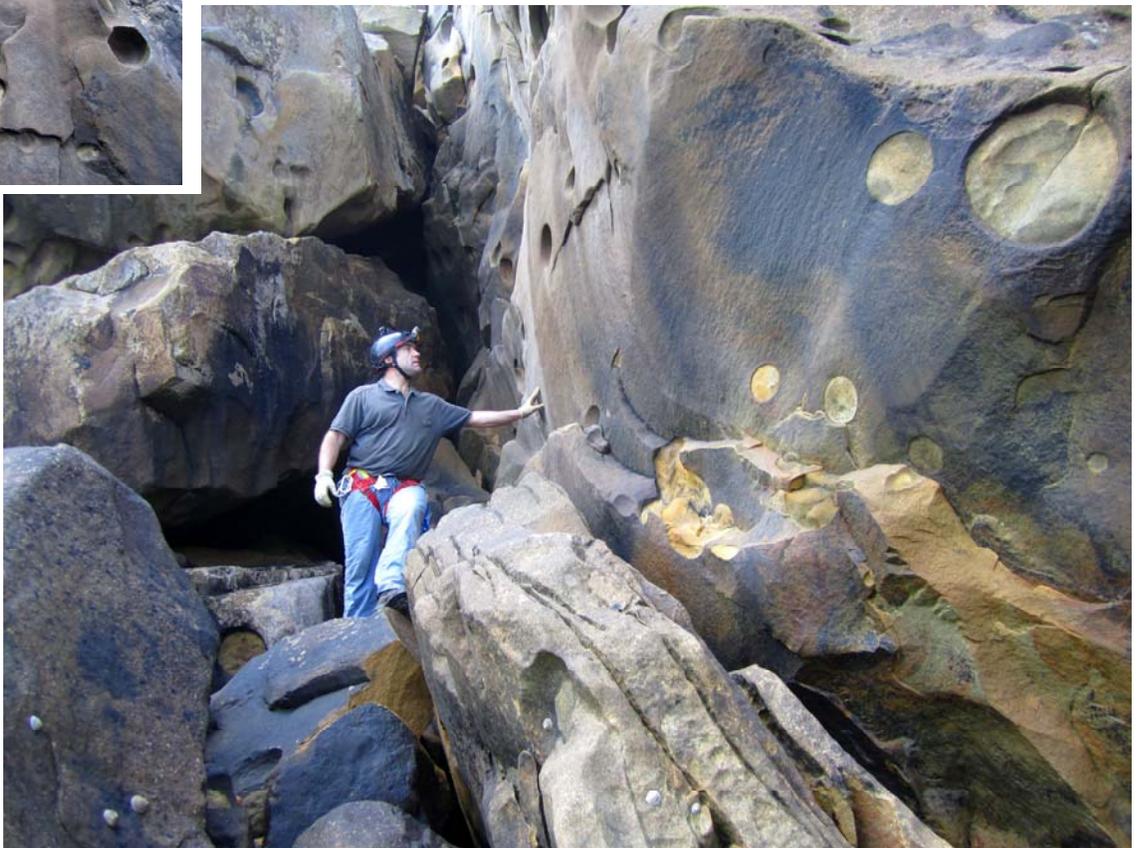
**Figura 15.** Ascenso desde el sector S2 hasta plataforma en la cota -14 m, donde se abre un acceso al sector S3.



**Figura 16.** Primera sala del sector S3 con el laminador que da paso a la galería principal de S3, bajo grandes bloques.



**Figura 17.** Sector S3. Tras el laminador, sigue una galería más amplia, que conecta con la galería principal de S3. Esta prosigue descendiendo hasta una amplia boca inferior, en la cota -17 m.



**Figura 18.** Boca inferior de S3 (en la cota -17 m) y boca de la galería W (cota -18 m), con diversas geoformas en sus paredes (restos de gangas envoltantes de cannonballs seccionados y/o vaciados).



**Figura 19.** Sector S4, con galería interestratos de 8 m de largo (arriba) y la placa externa tras el entrante topográfico, la cual se prolonga hacia el acantilado de Barraka y la punta central de Bajo aundi (debajo), en marea baja.



**Figura 20.** El entrante topográfico visto desde la orilla del mar en el sector S4. La cavidad se desarrolla bajo el relleno de bloques y prolongaciones entre los estratos de los escarpes E y W que lo limitan (arriba). En la zona intermareal inferior se desarrollan galerías adicionales de recubrimiento (sector S5) bajo y entre bloques menores (debajo).

Para centroeuropa representa un inmigrante postglaciar. Es una especie termófila, oculada, de 11 a 16 mm de talla, común en las aguas corrientes, donde se esconde entre las piedras o entre plantas y hojas muertas. En el País Vasco es muy frecuente en cuevas, donde se encuentran importantes poblaciones hipógeas, tanto troglógenas como troglófilas, ya que en muchas cavidades sus poblaciones completan todo su ciclo vital en las mismas. En Gipuzkoa ha sido colectada en cavidades en todo el territorio, prefiriendo aguas duras (carbonatadas). Su alimentación incluye restos de epidermis vegetales, bacterias, cianofíceas y partículas detríticas muy pequeñas (Galán, 1993). En la cavidad habita en láminas de agua dulce y pequeñas pozas parietales, a veces con mezcla de aguas, pero rehúye las aguas salinas de las pozas inferiores.

Los copépodos están representados por *Paracyclops fimbriatus* y *Megacyclops viridis* (ambos de la familia Cyclopidae). Las dos especies son troglófilas, de amplia distribución y han sido encontradas en diversas cuevas de Gipuzkoa y en biotopos epigeos. Poseen un cuerpo ovoide, con pereion más ancho que el cuerpo posterior. Ramas de la furca generalmente alargadas, con cuatro sedas apicales. Patas de los pares primero a cuarto de estructura parecida; las del quinto par con una sola rama rudimentaria.

*Paracyclops fimbriatus* es una especie de fondo, reptadora, de 0,7-0,9 mm de talla y color rosado. *Megacyclops viridis* habita también en pequeños cuerpos de agua epigeos y es francamente rheófilo; posee la aptitud de salir del agua arrastrándose y llevando con él una delgada película líquida. Los machos tienen una talla de 1,1-1,3 mm; hembras considerablemente mayores, 1,4-2,2 mm. Su alimentación es omnívora e incluye muy diversos organismos del nano y del microplancton. En el tubo digestivo se encuentra una pasta fina, con diversos detritos, partículas arenosas, diatomeas y entomostráceos. Vive 2-3 meses. En superficie es frecuente en charcas temporales y aguas salobres. Sobrevive a la desecación y tolera hasta 7,5 gr de sales por litro. Muchos de sus biotopos son ricos en hierro.

También fueron encontradas dos especies de quilópodos (ciempiés) predadores: *Strigamia maritima* (Linotaeniidae) e *Hydroschendyla submarina* (Schendylidae), ambas son pigmentadas y con ojos. *Strigamia maritima* es un ciempiés perteneciente a la familia Linotaeniidae del orden Geophilomorpha, y es el único miembro de su género que frecuenta zonas costeras, especialmente áreas donde el alimento es abundante, en torno a la línea de marea alta. Su principal fuente de alimento parece ser el isópodo *Sphaeroma*, pero también preda sobre isópodos *Porcellio*, anfípodos *Orchestia*, gasterópodos como *Littorina*, y dípteros. Los individuos adultos presentan variaciones en su talla y en el número de segmentos corporales, generalmente comprendidos entre 45 a 53. Las hembras típicamente tienen dos segmentos más que los machos. Es una especie muy elongada, los adultos alcanzan 28 a más de 80 mm de talla, con cuerpo de color marrón y región cefálica más oscura y rojiza. El primer par de patas modificado en garras venenosas. Antenas con 14 segmentos.

La otra especie, *Hydroschendyla submarina*, es algo menos elongada, de 40 mm de talla, color marrón-rojizo, 53 pares de patas y costumbres parecidas, aunque frecuenta biotopos más fangosos. Ambas especies, al vivir en la zona intermareal, resultan expuestas a cortos y recurrentes episodios de inundación, siendo capaces de sobrevivir uno o dos días bajo el agua de mar (Lewis, 1963; Binyon & Lewis, 1963).

Los colémbolos están representados por *Anurida maritima* (Neanuridae), especie cosmopolita que habita zonas intermareales, frecuente donde se acumulan detritos orgánicos y despojos de algas y madera. Su cuerpo es redondeado, expandiéndose ligeramente hacia la parte posterior. Tiene 3 mm de talla y color azulado. La cabeza posee un par de ojos y antenas. El tórax consta de tres segmentos corporales, cada uno con un par de patas, mientras que el abdomen consta de seis segmentos. Todo el cuerpo está cubierto de pelos blancos hidrófobos, los cuales le permiten permanecer por encima de la superficie del agua, donde pasa gran parte de su vida. A diferencia de otros colémbolos, *A. maritima* no puede saltar, ya que su fúrcula es vestigial. La especie es un carroñero importante de la zona intermareal superior, y se alimenta de animales muertos, sobretodo crustáceos (incluyendo cirrípedos) y moluscos. A menudo forma agregaciones de varias decenas de individuos en la superficie de las pozas de marea. Se ha observado que esta especie produce una feromona agregante (Manica et al, 2001).

Entre los tysanuros Machiloidea fue hallada la especie *Petrobius maritimus* (Machilidae), de 12 mm de talla, cuerpo alargado, deprimido, dos largas antenas y abdomen terminado en tres filamentos caudales (el central más largo). Tiene el cuerpo cubierto de escamas, ojos compuestos y ocelos, y palpo maxilar con 7 artejos. Camina con rapidez y suele saltar mediante un mecanismo de flexión del cuerpo. *Petrobius maritimus* es un habitante frecuente de las costas rocosas marinas, donde se refugia en grietas y bajo piedras. En Ulía es abundante en las cuevas de recubrimiento, generalmente 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 las mareas.

En la zona infralitoral, sobre sustratos rocosos, rellenos arenosos y pozas de agua en las galerías basales, en zona oscura, encontramos diversas especies de invertebrados marinos y litorales, frecuentes también en el macrobentos de cubetas de la rasa mareal de Ulía. Entre ellas: poliquetos *Terebella lapidaria* (Terebellidae), *Scolecopsis squamata* (Spionidae) y *Platynereis dumerillii* (Nereidae); moluscos *Littorina neritoides* (Littorinidae), *Gibbula umbilicalis* (Trochidae), *Patella intermedia* (Patellidae); cirrípedos sésiles *Chthalamus stellatus* (Chthalamidae), percebes *Pollicipes pollicipes* (cirrípedos Scalpellidae); cangrejos decápodos *Pachygrapsus marmoratus* (Grapsidae) y *Portumnus puber* (Portunidae), entre otros.

En las pozas de agua marina encontramos los ya citados anfípodos marinos *Pontocrates arenarius* (Oedicerotidae) e isópodos *Sphaeroma hookeri* (Sphaeromatidae), así como ejemplares de peces de pequeña talla, tales como *Coryphoblennius galerita* (Blenniidae) y *Lepadogaster lepadogaster* (Gobiesocidae).

Estas especies de peces se refugian en grietas de las cubetas de agua y son muy frecuentes en la rasa mareal y cuevas marinas a poca profundidad en el litoral externo (Galán et al, 2017). Así mismo observamos ejemplares de quisquillas *Palaemon elegans* (Palaemonidae), aparentemente juveniles, de 1-2 cm de talla, que accidental o voluntariamente han alcanzado la zona oscura. En estos ambientes con peces y quisquillas en zona oscura se encuentran también pequeños enclaves y grietas con algas calcáreas incrustantes (Corallinales) rojizas y blancas, junto a pequeñas anémonas *Actinia equina* (Cnidaria) y esponjas incrustantes rojas.

Las especies de este conjunto, esencialmente marino, está formado por una fauna troglóxena que encuentra en la cueva un biotopo adicional, aunque en zona oscura. La mayoría de sus especies probablemente realizan desplazamientos entre la cavidad y el exterior, aunque para las formas sésiles, fijas al sustrato, tales como cirrípedos dientes de perros, percebes, poliquetos tubícolas, actinias, y otros integrantes de los tapices de fouling, debe tratarse de un proceso de colonización por fases larvianas libres, que posteriormente se fijan al sustrato y se desarrollan en él, siendo reemplazados por nuevos migrantes. Destacaremos algunos aspectos de las especies menos conocidas.

Los poliquetos son una clase de anélidos esencialmente marinos (aunque existen especies de agua dulce y otras que toleran grandes variaciones de salinidad). Algunos son pelágicos y forman parte del plancton, pero la mayoría son bentónicos. Aunque hay formas de vida libre o nadadora, que recuerdan a los ciempiés, la mayoría de los poliquetos son tubícolas y viven en tubos que construyen sobre o enfeudados en el sedimento. Utilizan para construir sus tubos múltiples materiales y sustancias segregadas por ellos mismos, o excavan galerías en materiales blandos, a las que dan consistencia con el mucus que elaboran, o en otros duros, como rocas, maderas y caparazones de moluscos. Los poliquetos tubícolas son sedentarios y su alimentación es suspensívora y filtradora, es decir atraen las partículas en suspensión mediante corrientes de agua que ellos producen y luego las filtran y las ingieren. Los errantes, de vida libre, se mueven activamente y son predadores. Algunos también fabrican tubos, pero los abandonan para salir a comer. Utilizan sus mandíbulas para capturar a sus presas, constituidas principalmente por crustáceos, bivalvos, esponjas, hidroideos y otros poliquetos. En la cavidad están representados por al menos tres especies distintas, e incluyen formas tanto sedentarias como errantes. Las especies halladas son: *Terebella lapidaria* (Terebellidae), *Scolelepis squamata* (Spionidae) y *Platynereis dumerillii* (Nereidae); las dos primeras sedentarias y la última predadora.

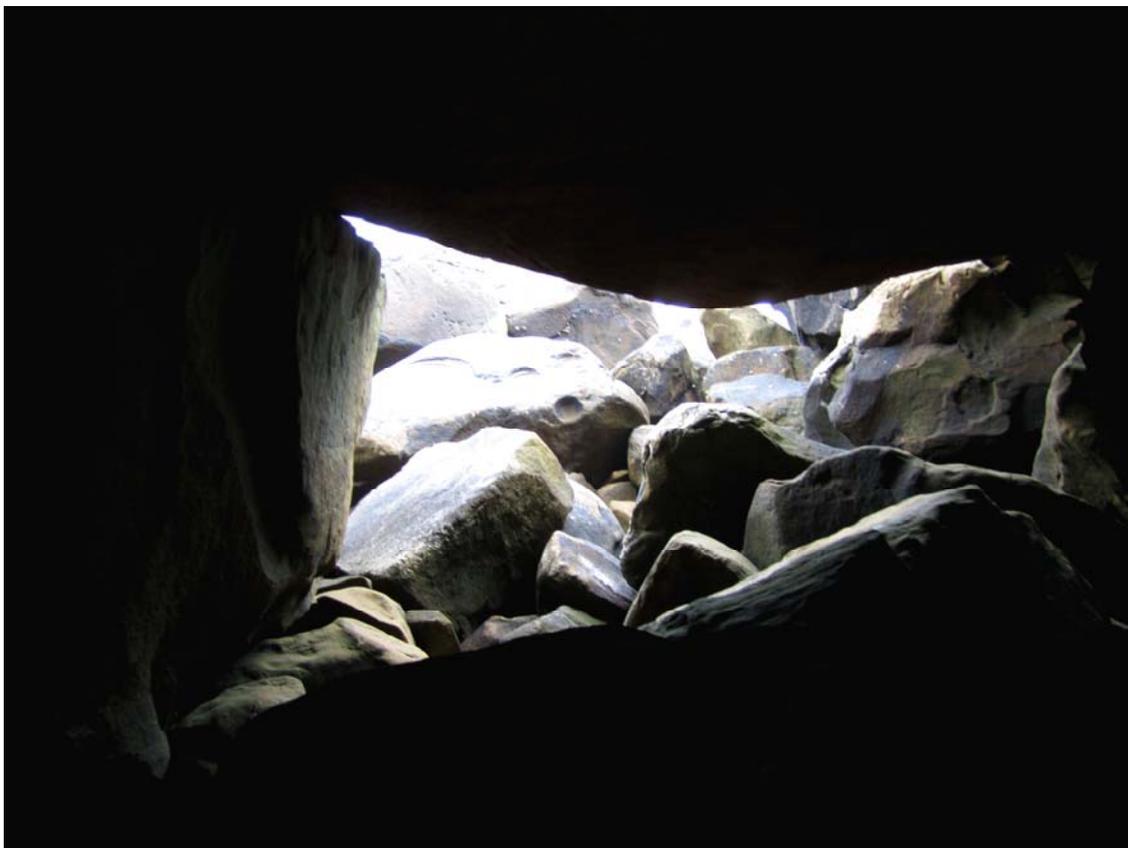
Los terebélidos poseen cirros ciliados y muy extensibles que se desparraman sobre una amplia superficie del sedimento y atraen hacia la boca las partículas nutritivas. *Terebella lapidaria* habita generalmente bajo piedras y entre algas. Su cuerpo alcanza 8 cm de talla, y se alimenta de plancton, microalgas, bacterias y otros organismos microscópicos. Para alimentarse extiende sus tentáculos ciliados (que llegan a ser varias veces más largos que el cuerpo) y atraen con ellos las partículas hacia la boca.

*Scolelepis squamata*, de la familia Spionidae, es de hábitos parecidos, aunque se lo encuentra preferentemente entre arenas, en la zona sublitoral de las playas, en aguas someras. Tolera bajas salinidades y también habita en estuarios. Excava madrigueras verticales en el sedimento, reforzándolas con mucus, y usa sus largos palpos para alimentarse de partículas orgánicas del lecho marino inmediato (Dauer, 1983). Su cuerpo es delgado, de color verde-azulado, 5-8 cm de talla y 2-3 mm de ancho, con cerca de 200 segmentos corporales. El prostomio es alargado, cónico, con dos ojos y un par de palpos largos y puntiagudos que se pueden enrollar en espiral. Sus larvas son planctónicas. Se alimenta de partículas orgánicas, larvas y juveniles de otros artrópodos. Los palpos no tienen un surco ciliado, por lo que las partículas son llevadas a la faringe por una contracción de todo el palpo. Si hay una corriente, cada palpo puede enrollarse en una hélice, y el animal puede alimentarse completamente de partículas suspendidas.

*Platynereis dumerillii* es en cambio un poliqueto depredador. Alcanza una talla de 3-4 cm y construye tubos en el sustrato (sobre fondos duros, rocosos, con algas y detritos) pero sale de ellos a cazar, alimentándose de una amplia variedad de organismos. Ataca a presas pequeñas, que están en relación con su tamaño, capturando a sus víctimas con su trompa saliente, musculosa, provista de un aparato mandibular quitinoso, robusto y complejo, que esgrime con habilidad y destreza. Tienen una cabeza muy aparente, provista de antenas, palpos y de ojos pares. El segmento donde se abre la boca o peristomio, lleva órganos táctiles largos denominados cirros tentaculares. Usan los cilios que recubren su cuerpo y los parapodios para la locomoción. Sus larvas, planctónicas, pasan por varias fases larvianas distintas. Poseen órganos foto y quimiosensoriales de varios tipos, en las antenas, palpos, órganos nucales y cirros tentaculares. Pero tal vez su característica más destacable es la de poseer los ojos más simples en el reino animal, cada uno de los cuales consiste únicamente en una célula fotorreceptora y una célula de pigmento, por lo que algunos autores lo consideran un fósil viviente, ya que se trata del primer tipo de ojo desarrollado durante la explosión Cámbrica, hace 540 millones de años (Gehring & Ikeo, 1999; Jékely et al, 2008). *Platynereis dumerillii* comúnmente vive en profundidades de 0 a 5 metros, por lo que es típico en ambientes infralitorales poco profundos. Sin embargo, también ha sido encontrado a profundidades de 100 m y en ambientes extremos, como hot vents (chimeneas hidrotermales submarinas) en el fondo oceánico.

La quisquilla *Palaemon elegans* (Palaemonidae) es muy frecuente en cubetas de la rasa mareal externa y, al igual que los peces gobiesócidos y blénidos de pequeña talla, frecuentan con asiduidad y se refugian en grietas oscuras y cuevas submarinas, de donde deben haber pasado a las pozas subterráneas en zona oscura.

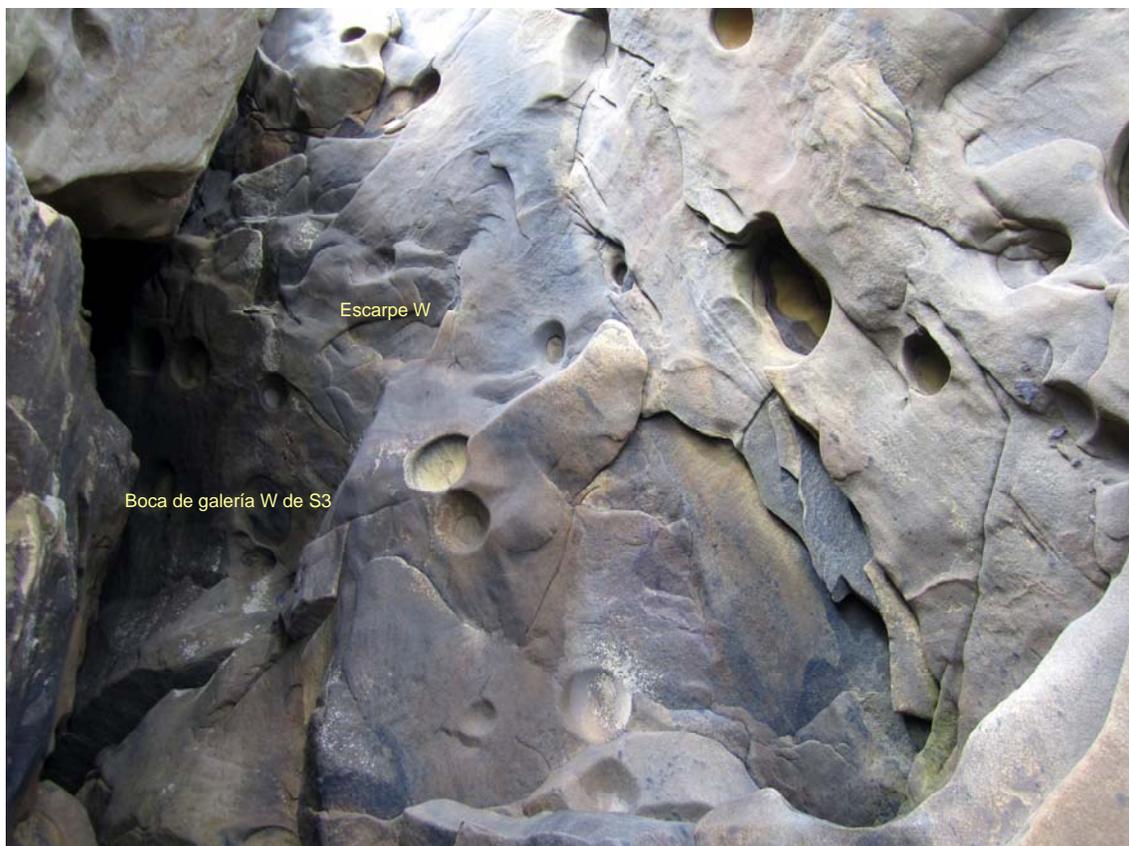
Junto a estas especies también se encuentran pequeñas anémonas *Actinia equina* (Cnidaria) y esponjas incrustantes rojas. Entre estas últimas resulta conspicua una esponja rojo-anaranjada, *Crambe crambe* (Esperiopsidae), la cual forma placas delgadas que recubren salientes rocosos. La especie se alimenta filtrando agua, de donde ingiere partículas orgánicas, bacterias, dinoflagelados y otros organismos del micro y nanoplacton. Las restantes especies marinas citadas son ampliamente conocidas.



**Figura 21.** En el sector S5 hay una extensa red de galerías bajo bloques, con múltiples conexiones a través de pasos estrechos y numerosas zonas con pozas de agua. Este sector queda prácticamente incluido en la zona intermareal (con tapices de cirripedos dientes de perro *Chthalamus*), algas y otros organismos. Las cavidades sólo pueden ser exploradas durante las bajamareas, ya que partes extensas quedan sumergidas en marea alta.



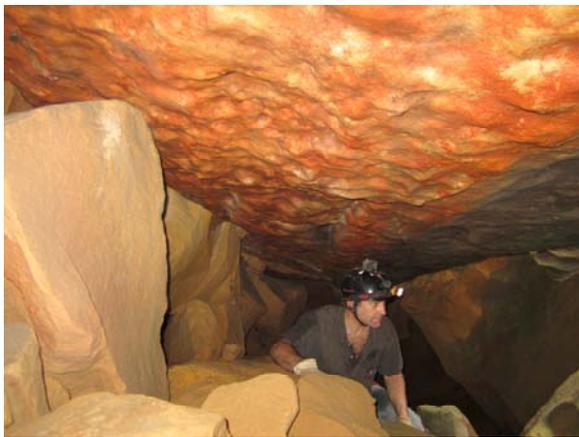
**Figura 22.** En las zonas más bajas de S5 son frecuentes las poblaciones de percebes, creciendo incluso en zonas de oscuridad absoluta, junto a otros invertebrados litorales y marinos. Imágenes con flash. Pero en estas zonas también habitan invertebrados terrestres troglófilos y sus biocenosis presentan un dinamismo peculiar, poco conocido.



**Figura 23.** Vista de conjunto del entrante topográfico de Altu, formado por el deslizamiento, fractura y colapso de bloques y tramos enteros de estratos. En las imágenes las entradas inferiores a las galerías central y W de S3.



**Figura 24.** Diversos aspectos de la galería central de S3, con geoformas y laminaciones de distintos colores.



**Figura 25.** La galería roja del sector S3, con bóvedas tapizadas de films rojizos de oxi-hidróxidos de hierro, de impactantes colores. El agua intergranular aporta hierro en solución procedente de concreciones incluidas en la serie de arenisca.



**Figura 26.** Otras galerías del sector S3 y remontando hacia S1 a lo largo del gran abrigo en la cota -14 m.



**Figura 27.** Parte superior del ascenso en jumars y recogiendo equipo en la plataforma al lado de la boca superior de la cavidad en S1 (cota 0 de la sima). Se aprecian detalles de la instalación, con anclajes naturales a bloques.



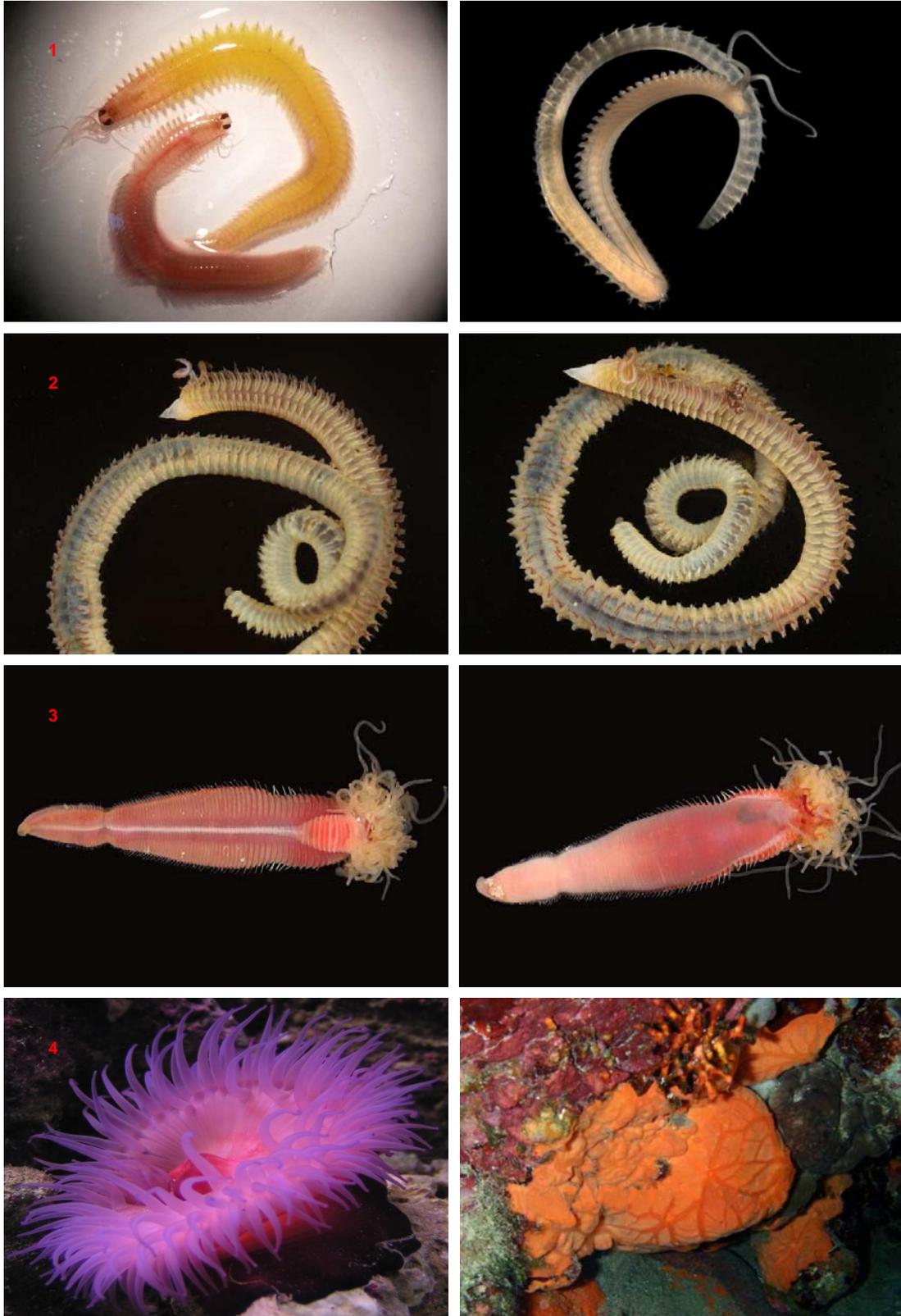
**Figura 28.** Vista desde la boca S1 hacia el tramo de acceso a la cavidad desde el collado superior, que se recorre con ayuda de cuerda (arriba). La boca S1, al fondo, se abre en la base del escarpe de la placa de Altu (debajo).



**Figura 29.** Algunos ejemplos de las especies halladas en la cavidad. Fila 1. Izq. Amphipoda. *Orchestia gammarellus*. Fila 1. Derecha. Amphipoda *Pontocrates arenarius*. Fila 2. Izq. Isopoda. *Sphaeroma hookeri*. Fila 2. Derecha. Isopoda. *Ligia oceanica*. Fila 3. Izq. y der. Chilopoda. *Strigamia maritima*. Fila 4. Izq. y der. Chilopoda *Hydroschendyla submarina*.



**Figura 30.** Algunos ejemplos de fauna cavernícola. Fila 1. Pseudoescorpiones. *Neobisium maritimum*. Fila 2. Collembola. *Anurida maritima*. Fila 3. Izquierda. Decapoda. *Palaemon elegans*. Fila 3. Derecha. Thysanura *Petrobius maritimus*. Fila 4. Izq. Peces. *Lepadogaster lepadogaster*. Fila 4. Derecha. Peces. *Coryphoblennius galerita*.



**Figura 31.** Algunos ejemplos de las especies halladas en la cavidad. Fila 1. Izq. Polychaeta. *Platynereis dumerilli*. Fila 1. Derecha. Polychaeta. *Scolelepis squamata*. Fila 2. Detalles de Polychaeta. *Scolelepis squamata*. Fila 3. Polychaeta. *Terebella lapidaria*. Fila 4. Izquierda. Cnidaria. *Actinia equina*. Derecha. Porífera. *Crambe crambe*. Fuente: las imágenes de fauna han sido tomadas de la web.

De la fauna de invertebrados terrestres reportada puede decirse que en su mayoría es troglófila, faltando o estando ausentes los troglóbios típicos. No obstante, algunos taxa de isópodos, anfípodos, pseudoescorpiones, quilópodos, tysanuros y colémbolos, poseen adaptaciones para desenvolverse y completar su ciclo vital en zona oscura. Esto probablemente es debido a que se trata de un medio eutrófico, rico en nutrientes (a diferencia del karst clásico), con materiales orgánicos suministrados por las aguas de infiltración y, sobretudo, por el ingreso continuado de numerosos organismos marinos y detritos vegetales aportados por las mareas. La composición de las biocenosis es compleja, con una yuxtaposición de elementos de distinta procedencia (que gradan desde hábitats marinos hasta otros continentales). Ello hace de estas cuevas un medio transicional, diferenciado del MSS y distinto al ambiente hipógeo típico del karst clásico en caliza.

Desde el punto de vista ecológico se trata de un medio de transición que representa una de las vías de colonización de las aguas subterráneas continentales para formas stygobias de origen marino (Juberthie, 1983; Galán, 1993; Glynne-Williams & Hobarts, 1952) y también puede desempeñar un papel semejante para formas terrestres de algunos grupos zoológicos, tales como isópodos terrestres, anfípodos talitridos, tysanuros Machiloidea y colémbolos (Galán, 2001, 2017).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La disolución intergranular de la arenisca es el proceso básico o primario que comanda la formación de cavidades y la creación de geofomas en esta litología. En Ulía y otros afloramientos de la Formación Jaizkibel, existen circulaciones hídricas subterráneas, sumideros, surgencias, y toda una serie de abrigos y cuevas, a diferentes escalas, aunque de magnitud moderada en comparación con el karst clásico en caliza. Cabe destacar, no obstante, que en el conjunto de la Formación Jaizkibel hemos descubierto más de 200 simas y cuevas en roca compacta (sin contar una cifra aún mayor de cuevas de recubrimiento), con cavidades individuales que superan los 250 m de desarrollo de galerías y -70 m de desnivel (Galán et al, 2013). Se puede decir que cuando se reúnen o conjugan una suma de condiciones favorables (litológicas, hidrológicas, topográficas y estructurales) pueden formarse cavidades en la arenisca de dimensiones relativamente importantes.

La sima de Altu, de 152 m de desarrollo, ha sido formada por procesos de disolución por las aguas dulces subterráneas, procedentes de la infiltración de las precipitaciones, las cuales han atacado las intercalaciones delgadas entre estratos gruesos de arenisca, con la consiguiente remoción de las lutitas y margas, y han adelgazado los estratos duros de arenisca, determinando el crecimiento volumétrico de galerías. Esto ha propiciado el desarrollo de procesos clásticos mecánicos, por descompresión de la roca-caja, facilitando la fractura de los estratos y el deslizamiento y colapso de bloques. La erosión marina ha jugado un papel importante en el modelado previo del relieve local, pero su intervención en la génesis de la cavidad se limita a la evacuación de materiales fraccionados.

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

La génesis de la cavidad ha estado controlada por la infiltración de las precipitaciones, la disolución intergranular de la arenisca, la remoción completa de las intercalaciones de lutitas y el colapso progresivo de los estratos en bloques de distinto tamaño.

El ecosistema de la cueva contiene biotopos marinos, anquihalinos, mixohalinos, dulceacuícolas y terrestres. Con diversas zonas y gradaciones: entre las bocas en penumbra y la zona oscura, en la franja de oscilación de las mareas, entre aguas dulces y marinas, y entre el medio acuático y el terrestre. La ocurrencia de numerosas especies litorales y marinas en zona oscura, en el interior de la cavidad, sugiere que débiles intensidades lumínicas pueden alcanzar las pozas, aunque no resulten detectables a simple vista, o también que gran parte de estas especies sólo completa una parte de su ciclo de vida en la cueva, pudiendo desplazarse a través de fisuras y ocultos conductos sumergidos, en comunicación con el litoral marino. De hecho muchas de las especies del litoral externo se refugian con frecuencia en biotopos oscuros (grietas y oquedades submarinas). Y bien sea de adultos o en sus fases larvianas pueden desplazarse entre el mar y las galerías de la cavidad.

Para especies marinas filtradoras o suspensívoras, que viven fijadas al sustrato, las corrientes de marea aseguran un suministro continuado de nutrientes (microalgas, diatomeas, bacterias, organismos del nanoplancton, fases larvianas y estadios juveniles del zooplancton, materia orgánica particulada, etc.) lo cual les permite vivir en oscuridad total. En este sentido, la abundancia de alimento (factor poco común en cuevas, generalmente consideradas un medio oligotrófico) es facilitada por las características de este litoral rocoso y expuesto, sometido al fuerte oleaje y oscilación de las mareas, lo cual admite y facilita la introducción continuada de nutrientes, con independencia del grado de luz u oscuridad existente en sus biotopos. Especies como los percebes, poliquetos tubícolas y esponjas son por ejemplo capaces de mantenerse en este tipo de biotopos marinos oscuros y completar en él su ciclo de vida. Por lo que pueden comportarse como especies parcialmente cavernícolas, aunque de un tipo singular, dependiente de factores tróficos.

La fauna terrestre, por el contrario, en su mayoría es troglófila. Muchas de sus especies se encuentran preferentemente en la franja supratidal, donde se concentran numerosos recursos tróficos, utilizables por los organismos que tienen adaptaciones para desenvolverse en este medio y utilizar tales recursos, bien se trate de animales detritívoros o predadores de los anteriores. Este es el caso de especies troglófilas en diversos grupos zoológicos, tales como: isópodos terrestres, anfípodos talitridos, quilópodos, pseudoescorpiones, tysanuros Machiloidea y colémbolos.

Este tipo de cuevas con galerías en roca compacta, a menudo está interconectada (a través de grietas y mesocavernas de escaso diámetro e inaccesibles para el ser humano) con cuevas de recubrimiento (desarrolladas bajo y entre rellenos de bloques, frecuentes al pie de los acantilados) y con extensas redes de diaclasas y espacios entre bloques menores que constituyen un tipo especial de MSS (Galán, 2001, 2017; Galán et al, 2019). Por lo tanto, aunque las cuevas individuales son poco extensas (en comparación con el karst clásico en caliza), constituyen parte de un hábitat hipógeo considerablemente extenso, rico en nutrientes, que proporciona protección y refugio a muchas especies, y que por consiguiente es frecuentado y poblado por muy diversos organismos.

Por su posición litoral, el hábitat hipógeo de este tipo de cuevas en Ulía (y en el conjunto de enclaves similares en la Formación Jaizkibel) ha sido una de las vías de colonización seguidas por la fauna acuática para establecerse en las aguas subterráneas continentales y diferenciar especies stygobias en grupos tales como crustáceos mystacocáridos, copépodos, anfípodos, e isópodos. Además también puede serlo para especies cavernícolas terrestres en diversos grupos zoológicos, tales como isópodos terrestres, anfípodos talitridos, pseudoescorpiones, diplópodos, quilópodos, tysanuros y colémbolos. Y por ello constituye un aliciente para seguir avanzando en la exploración e investigación científica de estas curiosas cavidades y su fauna.

Podemos concluir que las exploraciones efectuadas en estos enclaves ocultos del litoral, en acantilados casi inaccesibles, aportan nuevos datos de interés en Biología subterránea y Karstología (de cavidades en arenisca), con múltiples rasgos de interés científico, que abren un amplio campo para la exploración y para la investigación de aspectos poco conocidos.

## AGRADECIMIENTOS

A los miembros de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) que nos acompañaron en exploraciones previas en el litoral de Ulía, entre ellos: Juliane Forstner, José M. Rivas, Daniel Arrieta, David Arrieta Etxabe. A tres revisores anónimos de la SCA y Biosphere Consultancies (United Kingdom) por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

## BIBLIOGRAFIA

- Beier, M. 1963. Ordnung Pseudoscorpionidea (Afterscorpione). In Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas. Vol. 1 Akademie-Verlag, Berlin.
- Binyon, J. & J.G. Lewis. 1963. Physiological adaptations of two species of centipede (Chilopoda: Geophilomorpha) to life on the shore. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 43: 49-55.
- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe, S.C.Aranzadi*, 31(1-2): 3-139.
- Dauer, D.M. 1983. Functional morphology and feeding behavior of *Scolecipis squamata* (Polychaeta: Spionidae). *Marine Biology*, 77 (3): 279-285.
- Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzkoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi*, 45 (número monográfico): 1-163. (Reedición digital en Pág. web aranzadi-sciences.org, PDF).
- 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. 2010. Patrones y estructuras disipativas en cuevas y geoformas del pseudokarst de Jaizkibel. *Pag web Cota0.com + Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF*, 30 pp.
- Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia Audiovisual Ayto. Hondarribia, Expo. FLYSCH C.VASCA. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, PDF*, 82 pp.
- Galán, C. 2017. Fauna cavernícola en zona litoral en la arenisca de Ulía (Formación Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF*, 30 pp.
- Galán, C. & J. Forstner. 2017. Acantilado Norte de Punta Atalaya: sima y geoformas en arenisca (País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF*, 40 pp.
- Galán, C. & M. Nieto. 2016. Crustacea Mystacocarida y Copepoda en cavidades en arenisca en el Rincón del Búho (monte Ulía, Donosti, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF*, 30 pp.
- Galán, C.; M. Molia; M. Nieto & J. Rivas. 2008. Nuevos datos sobre Paramoudras y concreciones relacionadas en Jaizkibel e Igueldo (Pseudokarst en arenisca del flysch Eoceno, Gipuzkoa). Publ.Dpto.Espeleol. S.C.Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF*, 44 p.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2009. Formes pseudokarstiques dans le grès du flysch éocène côtier en Guipúzcoa (Pays basque espagnol). *Karstologia, Assoc. Franc. Karstol. & Fed. Franc. Spéléol.*, 53: 27-40.
- Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2011. Los acantilados de Ulía, sus cavidades y geoformas (San Sebastián, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. *Web aranzadi-sciences.org, PDF*, 26 pp.
- Galán, C.; 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.
- 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.

- Galán, C.; M. Nieto & J. Forstner. 2019. Laberintos subterráneos y cuevas bajo bloques de arenisca (Urberde, litoral de Orío). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 41 pp.
- Gehring, W. & K. Ikeo. 1999. Mastering eye morphogenesis and eye evolution. *Trends Genet.* 15: 371-377-
- Glynn-Williams, J. & J. Hobarts. 1952. Studies on the crevice fauna of a selected shore in Anglesey. *Proc. Zool. Soc. London*, 122: 797-824.
- Jékely, G.; J. Colombelli; H. Hausen; K. Guy; E. Stelzer; F. Nédélec & D. Arendt. 2008. Mechanism of phototaxis in marine zooplankton. *Nature*, 456: 395-398.
- Jérez Mir, L.; Esnaola, J. & V. Rubio 1971. Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa. Memoria IGME (Inst. Geol. Min. España), Tomo 79, Madrid, 130 pp.
- Juberthie, C. 1983. Le Milieu souterrain: étendue et composition. *Mémoires de Biospéologie*, Tome X : 17-66. Biogéographie de la faune souterraine. Colloque de la Société de Biospéologie, Béziers, 1982. Communications Libres.
- Kruit, C.; Brouwer, J. & P. Ealey. 1972. A Deep-Water Sand Fan in the Eocene Bay of Biscay. *Nature Physical Science*, 240: 59-61.
- Lewis, J.G. 1963. On the spiracle structure and resistance to desiccation of four species of geophilomorph centipede. *Entomologia Experimental. Applicata*, 6: 89-94.
- Manica, A.; F. McMeechan & W.A. Foster. 2001. An aggregation pheromone in the intertidal collembolan *Anurida maritima*. *Entomol. Experimental. Applicata*. 99 (3): 393-395.
- Margalef, R. & E. Balcalls. 1951. Crustáceos interesantes de las aguas salobres de Guipúzcoa. *Munibe*, S.C. Aranzadi. 2: 2 pp.
- Mutti, E. 1985. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: Provenance from arenitas. *Proceeding Nato-Asi meeting*, Cetraro-Cosenza, Italy. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Netherlands, 65-93.
- Rosell, J. 1988. Ensayo de síntesis del Eoceno sudpirenaico: El fenómeno turbidítico. *Rev. Soc. Geol. España, Márgenes continentales de la Península Ibérica*, Vol. 1 (3-4): 357-364.
- Van Vliet, A. 1982. Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipúzcoa (Northern Spain). Thesis Doct. Univ. Utrecht, Netherlands, 180 pp.
- Stock, J.; T. Illiffe & D. Williams. 1986. The concept of "Anchialine" reconsidered. *Stygologia*, 2 (1-2): 90-92.
- Vandel, A. 1926. La repartition de deux amphipodes, *Gammarus pulex* (L.) et *Echinogammarus berilloni* (Catta) dans le sud-ouest de la France. *Bull.Soc.Zool.France*, 51: 35.
- Zaragoza, J. & C. Galán. 2007. Pseudoescorpiones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas. Publ.Dpto.Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 14 pp.