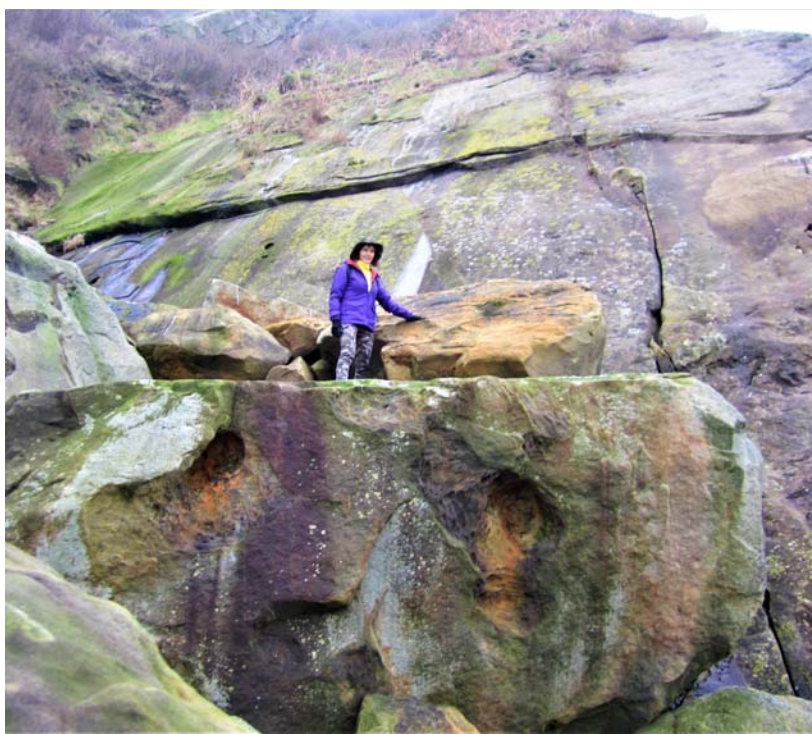


**FAUNA CAVERNÍCOLA ANQUIHALINA EN CUEVAS EN ARENISCA EN EL LITORAL DEL MONTE ULÍA
(ENCLAVE DE ARLAUTZ, SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).**

Anchihaline cave fauna in sandstone caves on the coast of Mount Ulía (Arlautz enclave, San Sebastián, Basque Country).



Carlos Galán & Marian Nieto. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

FAUNA CAVERNÍCOLA ANQUIHALINA EN CUEVAS EN ARENISCA EN EL LITORAL DEL MONTE ULÍA (ENCLAVE DE ARLAUTZ, SAN SEBASTIÁN, PAÍS VASCO).

Anchihaline cave fauna in sandstone caves on the coast of Mount Ulía (Arlautz enclave, San Sebastián, Basque Country).

Carlos GALÁN & Marian NIETO.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Febrero 2022.

RESUMEN

El frente costero del monte Ulía posee flancos abruptos y está recortado por acantilados verticales, con numerosos entrantes y salientes, producto del avance de la erosión normal y marina. Los estratos de arenisca (de la serie flysch, de edad Eoceno) tienen una disposición subvertical y han resistido mejor a la erosión, formando prominentes puntas de roca y acantilados de más de 100 m de desnivel. En su base los bloques y placas de roca desprendidos forman una delgada franja litoral, batida por el oleaje, en la zona intermareal. En estos lugares de difícil acceso existen cuevas inter-estratos y de recubrimiento, bajo grandes bloques de arenisca. En su formación ha intervenido fundamentalmente la disolución intergranular de la arenisca, existiendo cavidades con manantiales de agua dulce y otras que invaden las aguas marinas durante las pleamares. Prospecciones biológicas efectuadas en las cavidades mayores, permitieron hallar diversas especies de fauna cavernícola, incluyendo crustáceos Mystacocarida, Copepoda y Amphipoda, que habitan en biotopos anquihalinos. Las cuevas poseen curiosos ejemplos de espeleotemas y geoformas. Se describen los rasgos kársticos de estas cuevas en arenisca y la fauna que habita en su ambiente subterráneo.

Palabras clave: Karst en arenisca, Hidrogeología, Biología subterránea, Ecología, Crustacea Mystacocarida, Copepoda, Amphipoda.

ABSTRACT

The coastal front of Mount Ulía has steep flanks and is cut out by vertical cliffs, with numerous inlets and outlets, product of the advance of normal and marine erosion. The sandstone strata (of the flysch series, of Eocene age) have a subvertical disposition and have better resisted erosion, forming prominent rock points and cliffs with a drop of more than 100 m. At its base, the detached rock blocks and plates form a thin coastal strip, battered by the waves, in the intertidal zone. In these places of difficult access there are inter-strata and coating caves, under large blocks of sandstone. The intergranular dissolution of the sandstone has fundamentally intervened in its formation, with cavities containing freshwater springs and others that invade the sea during high tides. Biological surveys carried out in the largest cavities, allowed finding various species of cave fauna, including Mystacocarida, Copepoda and Amphipoda crustaceans, which inhabit anchihaline biotopes. The caves have curious examples of speleothems and geoforms. The karstic features of these sandstone caves and the fauna that inhabits their subterranean environment are described.

Keywords: Karst in sandstone, Hydrogeology, Subterranean biology, Ecology, Crustacea Mystacocarida, Copepoda, Amphipoda.

INTRODUCCION

El medio subterráneo comprende cuevas y sistemas de vacíos en distintas litologías, entre ellas areniscas carbonáticas, donde puede formarse un karst con acuíferos, cavidades y drenajes subterráneos comparables a las que ocurren en el karst clásico en caliza (Galán, 1991, 20013). 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. La secuencia predominantemente arenosa, de edad Eoceno inferior a medio, ha sido denominada Formación Jaizkibel y ha sido 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 Orio.

En el conjunto de la formación la mayor cavidad hasta ahora explorada es la Sima Tanbo 2, en el monte Jaizkibel, que alcanza 258 m de desarrollo y -70 m de desnivel (Galán et al, 2013). En Ulía la mayor cavidad explorada es la Sima de Punta Atalaya Norte, que posee 220 m de desarrollo y -50 m de desnivel (Galán & Forstner, 2017). En el enclave de Arlantz exploramos previamente un conjunto de cavidades (Galán & Arrieta, 2016; Galán et al, 2017), situándose las mayores de ellas en la punta del extremo Este del enclave y totalizando más de 200 m de galerías, con la mayor cueva individual de 70 m de desarrollo.

En la mayoría de las salidas efectuadas en Arlantz efectuamos observaciones biológicas puntuales, limitadas por el escaso tiempo disponible -dada la variación de las mareas y el oleaje- ya que nos centramos en la exploración y toma de datos geológicos. Pero pudimos apreciar que existían galerías con circulaciones hídricas subterráneas de agua dulce así como biotopos con cubetas con mezcla de aguas, salinas, salobres y anquihalinas. Por lo que podrían albergar especies cavernícolas de interés, que merecía la pena estudiar con mayor detalle. Para ello efectuamos nuevas prospecciones biológicas, con interesantes hallazgos en biotopos mixto y anquihalinos. Los resultados obtenidos son presentados en este trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se presentan datos biológicos y ecológicos obtenidos de prospecciones efectuadas en un sector del litoral de Ulía, de difícil acceso: las cuevas del extremo Este del enclave de Arlantz. En la exploración de cavidades se utilizaron técnicas de escalada y espeleología vertical. Diversas muestras de roca, espeleotemas y fauna fueron colectadas y estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon (hasta 800 aumentos). El material faunístico fue preservado en alcohol etílico al 75% y se conserva en la Colección de Bioespeleología de la SCAranzadi. Fueron tomadas fotografías a color con una cámara digital (Canon IXUS 130), a fin de ilustrar los principales rasgos de las cavidades y su entorno.

RESULTADOS

El medio hipógeo es extenso y poco conocido. Cada año son descubiertas y exploradas nuevas redes de cavernas en distintas litologías. Este medio constituye una significativa proporción de la corteza terrestre, donde los sistemas de vacíos se desarrollan tridimensionalmente en los volúmenes de rocas karstificables o susceptibles de contener cuevas. A la vez es un vasto ecosistema, que alberga una gran variedad de hábitats y una alta diversidad de especies cavernícolas (Galán, 1993), muchas de ellas de linajes relictos, de antiguo origen, y auténticos "fósiles vivos" en las acepciones de Jeannel (1943) o Vandel (1964).

En el medio hipógeo existe en adición un extenso elenco de espeleotemas y geoformas, a menudo formadas por procesos y mecanismos complejos, poco conocidos. En los que pueden influir aspectos geomicrobiológicos, de reactividad de las soluciones y de disipación de energía, particularmente en litologías distintas al karst clásico en caliza. Extraordinarios ejemplos de ello lo suministran los estudios realizados sobre cuevas, espeleotemas y geoformas en las areniscas carbonáticas del flysch Eoceno de la costa Vasca (Galán, 2013; Galán et al, 2008, 2009), contexto general en el que se sitúa este trabajo.

En el monte Ulía (San Sebastián, País Vasco) la presencia de acantilados, las mareas y el fuerte oleaje del Cantábrico dificultan enormemente el acceso a parajes en la franja litoral, la cual alberga cuevas, simas y singulares ejemplos de geoformas, que permanecen ocultas en los afloramientos de estratos gruesos de arenisca y entre los bloques de colapso desprendidos por procesos clásticos mecánicos. A su interés científico se suman con frecuencia rasgos estéticos llamativos.

Las areniscas de Ulía presentan varias peculiaridades. Ya que se trata de turbiditas abisales, donde ingentes depósitos de arenas de antiguas plataformas continentales, deslizaron a lo largo del talud (corrientes de turbidez) emplazándose a profundidades abisales. Cada sucesiva avalancha submarina se alternaba con episodios de sedimentación más calma, de materiales finos y restos de organismos pelágicos, formando la secuencia sedimentaria denominada flysch o serie turbidítica (Mutti, 1985; Rosell, 1988). Estas secuencias alternan tramos de rocas duras (en este caso de arenisca) con otros de rocas blandas (lutitas y margas), a lo largo de un espesor considerable (1.500 m). La secuencia de edad Eoceno ha sido denominada Formación Jaizkibel (Campos, 1979) y se extiende a lo largo del litoral entre Hondarribia y Orio, conformando dos grandes conos de deyección submarinos, cóncavos hacia el Norte. Estos son los últimos sedimentos marinos depositados antes de la emersión del territorio y la orogénesis Pirenaica, la cual llevó a la configuración actual del País Vasco (como prolongación de la zona Norpirenaica francesa).

El dispositivo estructural es monoclinal, con buzamiento generalizado hacia el Norte y deformaciones locales, debido a la plasticidad de las rocas del flysch. En el monte Ulía los estratos de arenisca presentan en general un buzamiento alto, de 45° a 80° y dirección que va cambiando de NE (entre Monpás y Cala Murguita) a buzamiento N (entre Cala Murguita y la entrada al Puerto de Pasajes). El espesor de los estratos de arenisca es también variable, existiendo zonas con estratificación delgada junto a otras donde la arenisca se presenta en estratos gruesos, de varios metros de potencia, y con intercalaciones menores de lutitas, por lo que prácticamente unos estratos se apoyan sobre otros. Es en estas zonas, donde predomina la arenisca en estratos gruesos, donde ocurren procesos de karstificación y espeleogénesis, con infinidad de cuevas, abrigos y geoformas (Galán et al, 2009).

Las cavidades que estudiaremos se encuentran en una de estas zonas con estratos gruesos casi continuos de arenisca. La infiltración en la zona superior sigue la estratificación y, junto a la acción de la erosión marina en la línea de costa, produce procesos clásticos mecánicos (por descompresión de la roca) y el colapso lateral y frontal de los estratos gruesos, que se desprenden en grandes bloques, re trabajados posteriormente por la erosión pluvial y el oleaje en la franja litoral. Predominan en consecuencia las cavidades desarrolladas a expensas de planos de estratificación, las cuevas de recubrimiento bajo grandes bloques de colapso y sistemas de pequeñas cuevas y mesocavernas en continuidad con las anteriores.

CAVIDADES Y GEOFORMAS

El modelado general del relieve local de Ulía es debido a la erosión marina, que recorta el frente costero, y a la erosión normal de superficie, que meteoriza y desgasta preferentemente las rocas más blandas de la serie flysch. La meteorización de la arenisca a lo largo de diaclasas y planos de estratificación, unida a la disolución intergranular de la roca y a procesos de descompresión mecánica, fragmenta los estratos individuales en bloques cúbicos y lienzo de varios metros de lado. Por acción de la gravedad los bloques colapsan y caen hacia el mar, donde van siendo disgregados, generando escarpes en progresivo retroceso. Así se forma en algunos puntos una franja litoral de bloques desprendidos sobre una pequeña rasa mareal de la que destacan algunos estratos en punta. En estas zonas, sometidas a la acción de las mareas y el oleaje, se presentan muchas cuevas de recubrimiento entre las acumulaciones de bloques.

Sobre los estratos gruesos de arenisca de cemento carbonático actúa principalmente la disolución intergranular, generando una multiplicidad de cavidades y geoformas. La disolución aprovecha la existencia de fracturas y planos de estratificación, pero actúa también intergranularmente disolviendo el cemento carbonático y en parte los granos de cuarzo, así como todo un conjunto de concreciones esféricas y planares, que resultan removidas formando oquedades y mesocavernas.

Los procesos de meteorización de las rocas son facilitados por tratarse de zonas de clima atlántico, donde las precipitaciones alcanzan valores de 1.700 - 1.800 mm/a. El abrupto relieve del litoral está también muy expuesto a la acción del oleaje, muy potente en el Cantábrico. La erosión marina remueve los materiales desprendidos y excava la base del terreno, generando acantilados y taludes en activo proceso de erosión y recorte, con frecuentes desprendimientos de rocas y retroceso de las pendientes.

La zona de estudio comprende la punta de Arlantz y su flanco W adyacente, hasta la línea de costa, donde forma una franja de bloques de 150 m de extensión lateral, encontrándose las mayores cavidades en la base de la propia punta.

El sector explorado resulta de difícil acceso terrestre. El flanco en sí de la ladera es muy abrupto (pendientes de 45-50°), con bloques y pequeños escarpes adicionales, y con toda la ladera recubierta de una densa vegetación de matorral espinoso (grandes zarzas, argomas, lianas espinosas), junto a helechos y árboles dispersos. La intrincada vegetación y las fuertes pendientes son los mayores obstáculos. Desde el camino de la costa de Ulía hay que descender un desnivel de 160 m. En salidas en años anteriores abrimos una ruta que en su parte baja equipamos con una cuerda de 40 m para descender la laja costera. El presente año empleamos una segunda ruta en la parte central, que pasa a través de una cueva-túnel bajo un gran bloque, y prosigue en zigzag en la parte inferior, presentando algunos pasos expuestos pero sin necesitar cuerda. La franja litoral puede recorrerse durante las bajamareas, preferiblemente cuando el oleaje no sea muy fuerte. Su recorrido presenta pasos de escalada entre y bajo grandes bloques, con cuevas de recubrimiento. La parte superior y media del escarpe lateral y algunas cornisas fueron exploradas mediante técnica de jumars y escalas metálicas (Galán et al, 2011), mientras que la franja litoral fue explorada en varias salidas en años previos (Galán & Arrieta, 2016; Galán et al, 2017) y durante el presente trabajo.

En la franja litoral hay sistemas de cuevas de recubrimiento (Figuras 01 a 15). Normalmente tienen por techo grandes bloques decamétricos, apoyados o en contacto con otros menores. Algunas galerías han sido formadas a expensas del vaciado de concreciones (cannonballs y formas planares), fracturas y planos de estratificación, ampliados por la erosión normal y marina. Exploramos una docena de cuevas de este tipo, con desarrollos de 10 a 40 m y desniveles de hasta -10 m. Pero el sector de mayor interés es la base del escarpe lateral de la punta de Arlantz, donde varias cuevas se abren entre estratos y bajo grandes bloques adosados. Las coordenadas UTM de este punto son: N 4.798.610; E 583.800; altitud: 12 m snm. En total puede recorrerse 200 m de galerías. La mayor cavidad individual posee 70 m de galerías y -12 m de desnivel y se desarrolla a expensas de dos planos de estratificación, intercalados entre estratos gruesos, y entre estos y grandes bloques adosados, presentando varias bocas. Durante las pleamareas el nivel del mar asciende 4,4 m y las aguas marinas invaden las galerías más bajas (Figuras 16 a 30).

A través de muchos puntos entre planos de estratificación emergen pequeños caudales de agua dulce, que recorren las galerías hasta alcanzar el nivel del mar, con sus zonas más bajas inundadas. Debido a la oscilación de las mareas, en estos cursos de agua se encuentran charcos y pozas de agua dulce, anquihalinas, salobres y marinas. Su composición puede variar de modo irregular, tanto porque los caudales de agua dulce pueden ser temporales, como por el hecho de que la oscilación de las mareas y el fuerte oleaje pueden introducir agua salada al sistema, ya que las salpicaduras de las olas llegan a alcanzar más de 10 m. En la zona intermareal las pozas conservan agua salada, mientras que las pozas sobre el nivel de pleamar constituyen ambientes de agua dulce y anquihalinos, conformando una clina o zona gradacional para la fauna acuática y especies litorales.

Las galerías poseen geoformas, tales como concavidades de cannonballs vaciados y formas planares, con restos de envolturas arcillo-arenosas (gangas) ricas en hierro, y laminas duras de óxidos y silicatos de hierro y aluminio. A partir de ellas se han formado por difusión y precipitación rítmica, bandeados y anillos de Liesegang. En muchas partes hay depósitos de arena y espeleotemas. Entre ellas predominan recubrimientos blancos de silicatos de aluminio, espeleotemas botroidales de ópalo-A, coladas de calcita, costras milimétricas de yeso y de oxi-hidróxidos de hierro. La precipitación de estos minerales secundarios prueba que el cemento carbonático y parte de la sílice de los granos de cuarzo de la arenisca son disueltos, junto a otros componentes minoritarios procedentes de la alteración de feldespatos y micas contenidos en la roca. En su mayoría, estas espeleotemas tienen un origen biogénico, estando su génesis influida o mediada por la actividad metabólica de microorganismos, que habitan en las aguas intergranulares que percolan a través de la arenisca, y que han intervenido en la reactividad de las soluciones.



Figura 01. Imágenes radar de la zona de estudio: en planta (arriba) y vista desde el W a vuelo de pájaro (debajo).
 1: Ruta de descenso con cueva bajo bloque. 2: Grandes bloques. 3: Sector con cuevas de mayor desarrollo.
 Fuente de las imágenes: Cartografía digital b5m.gipuzkoa.net



Figura 02. Ruta de descenso. Inicio (arriba) y parte media (debajo), con vegetación densa.



Figura 03. Cueva-túnel bajo un gran bloque en la ruta de descenso de 160 m de desnivel al enclave de Arlautz.



Figura 04. Ruta de descenso al enclave de Arlantz con la placa inferior y la punta de Monpás al fondo.



Figura 05. Placa costera de fuerte buzamiento en la parte inferior W de la ruta de descenso.



Figura 06. Franja costera en la parte W del enclave, con grandes bloques y cuevas de recubrimiento.



Figura 07. Cuevas de recubrimiento con geoformas y anillos de Liesegang, bajo grandes bloques de colapso.



Figura 08. Bajo los bloques mayores se desarrollan redes de galerías y mesocavernas: un hábitat hipógeo extenso.



Figura 09. Los dos grandes bloques de la zona central del enclave litoral presentan cuevas-túneles bajo ellos.



Figura 10. Cuevas-túneles, con geoformas y bandeados de Liesegang en sus bóvedas y paredes internas.



Figura 11. Detalle de concreciones, gangas envolventes y bandeados de Liesegang, de distintos colores.



Figura 12. Cuevas de recubrimiento en la parte central, con varias bocas, que se extienden hasta la línea de costa. Al fondo se aprecia el gran escarpe lateral de la parte E de la Punta de Arlautz.



Figura 13. Las redes de galerías y cuevas de recubrimiento poseen numerosas bocas, por lo que parte de las mismas está sólo en zona de penumbra. A las galerías más bajas sólo puede accederse durante las bajamares vivas en días de poco oleaje. Muchos bloques poseen restos de concreciones y láminas de óxidos de hierro.



Figura 14. Muchos bloques presentan concavidades esféricas y planares producto de la disolución de concreciones carbonáticas, así como restos de sus gangas arenosas envolventes y anillos de Liesegang. Algunos de los bloques presentan formas residuales de antiguas galerías, formadas en los estratos de arenisca antes de su colapso.



Figura 15. Detalles de recubrimientos de espeleotemas en una cueva y geoformas de curiosos diseños formadas a expensas de la disolución intergranular diferencial de laminaciones en los estratos de arenisca.

BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

Las cavidades poseen rasgos singulares y una fauna mixta parcialmente cavernícola, propia de un ambiente gradacional por partida doble, entre el medio marino y el terrestre, y entre los ambientes de superficie y el medio hipógeo.

Las cuevas de la punta de Arlantz poseen varias bocas de acceso y aberturas menores entre bloques, por las que penetra algo de luz, estando el 50% de la red de galerías en zona de penumbra (más o menos acentuada) y la mitad restante en oscuridad total. El medio es progresivamente más oscuro e isotérmico a medida que se profundiza. Los organismos que habitan en estas cuevas quedan protegidos de la radiación solar directa y de los extremos de sequía y bruscos cambios de temperatura experimentados en la superficie. El ambiente subterráneo mantiene una atmósfera húmeda, con frecuentes rociaduras llevadas por el viento y el oleaje. El agua de mar ingresa e invade durante las pleamares las galerías más bajas, existiendo zonas con marcados gradientes. Las galerías subterráneas pueden así contener comunidades de organismos terrestres y acuáticos, marinos y no-marinos, viviendo en estrecha proximidad. En zonas de penumbra son frecuentes los líquenes incrustantes y tapices de algas verdes y rojas.

La acción irregular del oleaje hace que muchas galerías puedan contener acumulaciones de algas marinas en descomposición y otros detritos aportados por las mareas, tales como restos de madera, vegetales y despojos de animales marinos depositados durante temporales o tormentas. Estos proveen una rica fuente de alimento para las comunidades de invertebrados, y no son proclives a la desecación como en la franja costera. Esto constituye un significativo aporte de biomasa autóctona hacia el ecotono terrestre costero. Las redes tróficas basadas en este ingreso pueden sostener inusuales altas densidades de artrópodos y otros invertebrados, incluyendo formas detritívoras, algívoras, carroñeras y predadores. Los ingresos de recursos marinos contribuyen de este modo a un inusual suplemento de nutrientes en un hábitat normalmente pobre en recursos.

Las pozas, estanques y pequeñas circulaciones de aguas subterráneas encontradas en estas cuevas pueden ser dulces, salobres, marinas y anquihalinas (Stock et al, 1986). La presencia de aguas salobres y mixohalinas resulta de la intermitente inundación de algunas galerías durante las pleamares y tormentas. Los cuerpos de agua son colonizados y pueden contener una fauna acuática que es capaz de lidiar con fuertes variaciones de salinidad y contenidos de oxígeno disuelto. La fauna terrestre y litoral, y el ingreso de materia orgánica procedente del medio continental, constituyen un aporte adicional, que incrementa la diversidad del ecosistema hipógeo. La fauna en zona oscura contiene muchas especies troglófilas, capaces de completar su ciclo de vida en el hábitat hipógeo, incluyendo formas microftalmas y con diversos grados de depigmentación. No obstante, la mayoría de los invertebrados cavernícolas no parecen presentar troglomorfismo, aunque sí adaptaciones especiales para lidiar con las variables condiciones de este dinámico hábitat transicional.

Un listado de las especies halladas durante los muestreos es presentado en la Tabla 1 (en azul, formas marinas; en violeta formas de agua dulce; en negro, formas terrestres).

Tabla 1. Lista de las especies identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 18 taxa.

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Porífera Demospongia	Esperiopsidae	<i>Crambe crambe</i> (Schmidt)	Troglógeno
Cnidaria	Actiniidae	<i>Actinia equina</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Polychaeta	Nereidae	<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin & Milne Edwards)	Troglógeno
Mollusca	Patellidae	<i>Patella intermedia</i> Murray	Troglógeno
Mystacocarida	Derocheilocarididae	<i>Derocheilocaris remanei biscayensis</i> Delamare	Stygófilo
Copepoda	Cyclopidae	<i>Megacyclops viridis</i> (Murine)	Stygófilo
Isopoda	Sphaeromatidae	<i>Sphaeroma hookeri</i> Leach	Stygófilo
Isopoda	Porcellionidae	<i>Porcelio scaber</i> Latreille	Troglófilo
Amphipoda	Oedicerotidae	<i>Pontocrates arenarius</i> (Bate)	Stygófilo
Amphipoda	Gammaridae	<i>Echinogammarus berilloni</i> Catta	Stygófilo
Cirripedia	Chthalamidae	<i>Chthalamus stellatus</i> (Poli)	Troglógeno
Cirripedia	Pollicipedidae	<i>Pollicipes pollicipes</i> (Gmelin)	Stygófilo
Decapoda	Grapsidae	<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius)	Stygófilo
Chilopoda	Schendylidae	<i>Hydroschendyla submarina</i> (Grube)	Troglófilo
Collembola	Neanuridae	<i>Anurida maritima</i> (Guérin-Ménéville)	Troglófilo
Tysanura Machiloidea	Machilidae	<i>Petrobius maritimus</i> (Leach)	Troglófilo
Peces	Blennidae	<i>Coryphoblennius galerita</i> Linnaeus	Troglógeno
Peces	Gobiesocidae	<i>Lepadogaster lepadogaster</i> (Bonnaterre)	Troglógeno

Pasaremos a continuación revista a las especies halladas, con especial énfasis en la fauna acuática de biotopos anquihalinos y en las especies menos conocidas (repetimos algunos datos que han sido expuestos en trabajos previos, citados en la bibliografía). El mayor esfuerzo de prospección fue efectuado en busca de fauna acuática en biotopos anquihalinos, tanto directamente (mediante el empleo de mallas de plancton) como mediante toma de muestras de sedimentos en las pozas, que luego fueron separadas y filtradas en laboratorio. La mayor concentración de especies se da en el límite superior de la zona intermareal, particularmente si contiene rellenos arenosos y despojos de algas y madera depositados por el oleaje y los fuertes temporales.

Los biotopos anquihalinos comprenden cuerpos de agua salada, con un variable grado de conexión con el agua marina, y que presentan influencia de agua dulce continental, pero con un efecto atenuado (Stock et al, 1986; Álvarez et al, 2000; Juberthie, 1983). En las pozas profundas es frecuente que se forme una haloclina, a veces sólo temporal, con agua dulce en superficie y agua salada más densa en profundidad.

Entre las especies halladas un primer grupo lo constituyen siete formas troglóxenas, comunes también en superficie en cubetas de agua salada de la rasa mareal y entre las rocas del litoral. Estas comprenden esponjas *Crambe crambe* (Schmidt), anémonas *Actinia equina* (Linnaeus), poliquetos *Platynereis dumerilii* (Audouin & Milne Edwards), lapas *Patella intermedia* Murray, cirrípedos dientes de perro *Chthalamus stellatus* (Poli), y pequeños peces *Coryphoblennius galerita* Linnaeus y *Lepadogaster lepadogaster* (Bonnaterre). 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 esponjas, actinias, cirrípedos, poliquetos tubícolas y otros integrantes de los tapices de fouling, debe tratarse de un proceso de colonización por fases larvarias 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.

Platynereis dumerilii es un poliqueto depredador, de 3-4 cm de talla, que construye tubos en el sustrato pero sale de ellos a cazar, alimentándose de una amplia variedad de organismos. Ataca a presas pequeñas con una trompa musculosa, provista de un aparato mandibular quitinoso, robusto y complejo, que esgrime con habilidad. Tienen una cabeza 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 larvarias 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 dumerilii* 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.

Las especies terrestres troglófilas comprenden cuatro taxa, de cuatro grupos distintos: isópodos *Porcelio scaber* Latreille, quilópodos *Hydroschendyla submarina* (Grube), colémbolos *Anurida maritima* (Guérin-Ménéville) y tysanuros Machiloidea *Petrobius maritimus* (Leach).

Los crustáceos terrestres del orden Isopoda están representados por *Porcellio scaber* Latreille, especie terrestre muy común, detritívora, que habita sobre superficies rocosas en la zona costera. Alcanza 17-18 mm de talla y 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.

Los tysanuros Machiloidea tienen siete artejos en el palpo maxilar, dos largas antenas, cuerpo alargado cubierto de escamas, 12 mm de talla, y abdomen terminado en tres filamentos caudales; suelen saltar mediante un mecanismo de flexión del cuerpo. Están representados por la especie *Petrobius maritimus* (Leach), habitante frecuente de las costas rocosas marinas, donde se refugia en grietas y bajo piedras. 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 la marea.

Los colémbolos hallados pertenecen a la especie *Anurida maritima* (Guérin-Ménéville), frecuente en la zona intermareal donde se acumulan detritos orgánicos y despojos de algas y madera. Su cuerpo es redondeado, de 3 mm de talla y color azulado. Todo su 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, sobretudo 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).

Los quilópodos *Hydroschendyla submarina* (Grube), son de hábitos predadores. La especie es elongada, de 40 mm de talla, con 53 pares de patas y color marrón-rojizo. Preda preferentemente sobre isópodos, pequeños caracoles y dípteros. Al vivir en la zona intermareal, resulta expuestas con frecuencia a cortos y recurrentes episodios de inundación, siendo capaz de sobrevivir uno o dos días bajo el agua de mar (Lewis, 1963; Binyon & Lewis, 1963).

Las formas troglófilas acuáticas (= stygófilas) comprenden siete especies. Cuatro de ellas marinas y litorales: *Pollicipes pollicipes* (Gmelin), *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius), *Pontocrates arenarius* (Bate), *Derocheilocaris remanei biscayensis* Delamare. Y otras tres dulceacuícolas: *Echinogammarus berilloni* Catta, *Sphaeroma hookeri* Leach, y *Megacyclops viridis* (Murine).

Un comentario especial merece el hallazgo de crustáceos Mystacocáridos. Los Mystacocarida son una subclase de crustáceos, cercana a los copépodos, raros y con rasgos primitivos. La subclase se compone de una única familia (Derocheilocarididae) con sólo 13 especies en el mundo (agrupadas en dos géneros *Ctenocheilocaris* y *Derocheilocaris*). Sólo dos especies de *Derocheilocaris* están representadas en Europa y una en la península Ibérica: *D. remanei*. La especie fue descrita de la playa de Canet, cercana a Perpignan, Francia, y fue encontrada posteriormente en el Mediterráneo (Mallorca y Sitges) y en el litoral atlántico de Las Landas (Francia), Portugal y costa atlántica africana, pero en localidades muy separadas espacialmente. La población de las Landas (golfo de Gascogne) fue descrita como una subespecie (*D. remanei biscayensis*), diferenciada de la forma típica (*D. remanei remanei*) (Delamare Deboutteville, 1954, 1957, 1960; Delamare Deboutteville & Chappuis, 1951, 1954; Delamare Deboutteville et al, 1954). El hallazgo resulta de interés y constituye la segunda cita de esta especie y grupo para el País Vasco. Previamente fue hallada en un enclave cercano del litoral de Ulía (Galán & Nieto, 2016).

Se trata de crustáceos diminutos, de cuerpo vermiforme, que viven en el medio intersticial en depósitos arenosos litorales y sublitorales, generalmente en playas costeras exteriores. Se alimentan de microalgas y bacterias que viven en la superficie de los granos de arena. El movimiento de sus apéndices bucales les permite también capturar partículas orgánicas en los espacios intersticiales. Habitan en la zona profunda de la arena hasta varios metros hacia el interior de la línea de bajamar, donde el agua de mar penetra en marea alta, pero a menudo los individuos están por encima del nivel freático (durante la marea baja), entre el cual percola el agua de lluvia y/o flujos de aguas subterráneas de agua dulce. También han sido dragados de fondo marinos arenosos a 20 m de profundidad. Los mystacocáridos cavan y se desplazan con sus antenas en este medio, subterráneo, sin salir de él. Las cavidades en la arenisca de Ulía también contienen depósitos arenosos. Y los fondos marinos cercanos a las dos cuevas conocidas en las que habita son principalmente de arena y someros (5-10 m de profundidad). Existe por tanto una continuidad de biotopos intersticiales oscuros (subterráneos y submarinos) que pueden permitir el desplazamiento hacia el afloramiento de arenisca, bien sea de huevos, estados larvarios o adultos, alcanzando la zona oscura.

El conocimiento sobre los Mystacocarida es aún parcial, ya que a pesar de su amplia distribución, son conocidos de pocas localidades. Ha sido escrito mucho sobre su ecología y algunos aspectos de su biología (Delamare Deboutteville, 1960; Hessler, 1971, Pretus, 1991). Viven a salinidades desde 5 a 40 ‰ y a temperaturas entre 0°C y 25°C. Aunque predominan en arenas silíceas, bien escogidas, de grano medio a grueso, también han sido hallados en arenas compuestas primariamente por carbonato de calcio con muy bajo coeficiente de selección. Así como en arenas sublitorales. La inhabilidad para explicar su rara y espaciada distribución, así como su ausencia de muchas playas que reúnen condiciones aparentemente deseables, indican nuestra ignorancia sobre los factores de control ambientales.

Los ciclos de vida de *D. remanei* y *D. typicus* han sido documentados en detalle: en ambos casos el desarrollo es gradual, comenzando con un nauplius o metanauplius muy parecido al adulto. Los huevos son proporcionalmente grandes, como indica su gran tamaño en el cuerpo de la hembra; su tasa de crecimiento es baja. La reproducción puede ser continua o estacional, dependiendo del clima. Un reciente trabajo de Haug et al (2011) documenta en detalle el desarrollo postembrionario de *D. remanei*, describiendo nueve estadios y mostrando su gran parecido con la especie transatlántica hermana *D. typicus*. Esto implica que no sólo la morfología adulta de los Mystacocarida es marcadamente conservativa, sino también la secuencia larval. Con respecto a su sistema de alimentación, los mystacocáridos tienen un aparato alimentador que incluye el primer par de extremidades torácicas, modificadas como maxilípedos, los cuales colaboran con las maxilulas y maxilas en el proceso de alimentación. Este sistema es en muchos aspectos y detalles muy similar al de los Copepoda y a los del taxón Cámbrico *Skara*, lo que sugiere un relacionado parentesco entre estos tres taxa. Los Mystacocarida representan así, entre los crustáceos, un taxón enigmático en distintos sentidos. Algunos autores consideran que los Mystacocarida exhiben una condición plesiomórfica en muchos caracteres (Brenneis & Richter, 2010), mientras que para otros la forma especial del aparato alimentador es considerada como una autapomorfía de un taxón que comprendería Mystacocarida, las formas fósiles del Cámbrico *Skara*, y Copepoda (Haug et al, 2011).

En nuestra opinión, muchos de los caracteres, tanto de Mystacocarida como de otros grupos hipógeos e intersticiales, son debidos a cambios paedomórficos y neoténicos producto de su adaptación para desenvolverse en un medio hipógeo intergranular, donde son frecuentes las simplificaciones morfológicas y la conservación de rasgos primitivos (Galán, 2002, 2010; Galán & Herrera, 1998). Tales rasgos morfológicos están a su vez relacionados con cambios en los patrones de desarrollo y en la estrategia de vida, y resultan adecuadamente explicados por el conservatismo y fuerte integración de los programas de desarrollo. La rareza de los Mystacocarida guarda así una estrecha relación con el troglomorfismo mostrado por otros grupos de stygobios y se muestra como un proceso epigenético, donde el cambio heterocrónico por neotenia representa el extremo del cambio evolutivo coordinado. Su hallazgo en cuevas en el Rincón del Búho y Arlautz agrega un nuevo biotopo hipógeo, a los previamente conocidos.

Los cirrípedos *Pollicipes pollicipes* (Gmelin) (percebes) habitan en las rocas batidas por el oleaje en el límite de bajamar. Muy frecuentes en cuevas entre bloques, penetran y viven fijados al sustrato en zonas de penumbra e incluso de oscuridad total. Se alimentan por filtración y permanecen adheridos a las rocas toda su vida adulta, siendo sus larvas libres (planctónicas), por lo que pueden volver a recolonizar y completar su ciclo vital en el interior de las cuevas, y, en este sentido, son considerados troglófilos.



Figura 16. Los planos de estratificación son ampliados por disolución intergranular y remoción de las intercalaciones delgadas de lutitas, presentando diversas geoformas, que incluyen pequeñas formas columnares y redes de mesocavernas (cavidades con diámetros inferiores a 20 cm). Parte Este del enclave de Arlantz.



Figura 17. Vista del enclave de Arlautz desde el E hacia el W. Es más extenso de lo que parece. Se extiende a lo largo de una franja litoral de 150 m de largo, con numerosas cuevas entre y bajo bloques y tramos de estratos gruesos de arenisca, que han colapsado y deslizado hasta la costa. Un medio hipógeo extenso, habitado por fauna cavernícola.



Figura 18. Explorando cuevas en los estratos gruesos de arenisca de la Punta de Arlautz, en la parte E del enclave. Un accidentado territorio, cuyo recorrido incluye numerosos pasos de escalada y algo de ingenio en algunos casos.

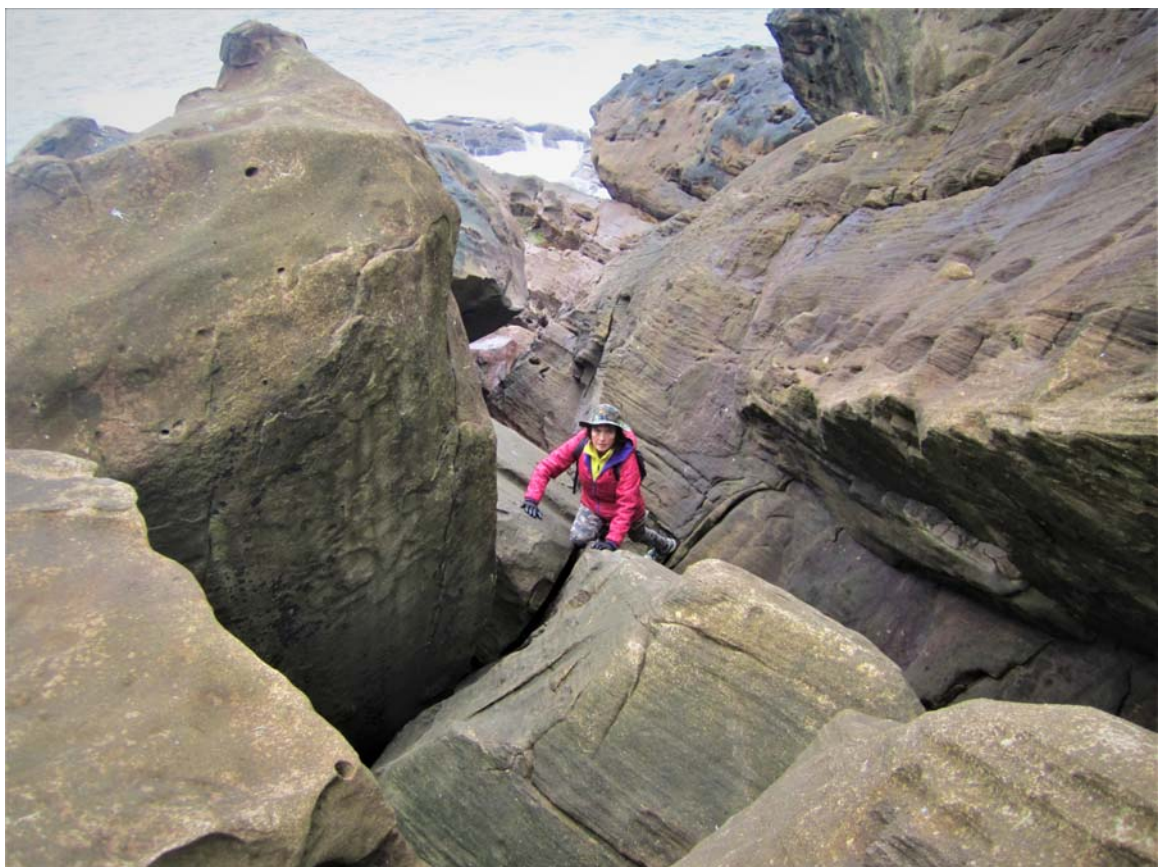


Figura 19. El espolón de la Punta de Arlautz, de 160 m de desnivel, donde se abren bocas entre los estratos y bloques adosados a los mismos, con un sistema de cuevas que totaliza 200 m de galerías y llega hasta el mar.



Figura 20. La mayor cueva individual de la punta alcanza 70 m de desarrollo y posee varias bocas. El agua de mar ingresa por las bocas inferiores e invade las partes bajas de la red, ascendiendo durante las pleamares 4,4 m.

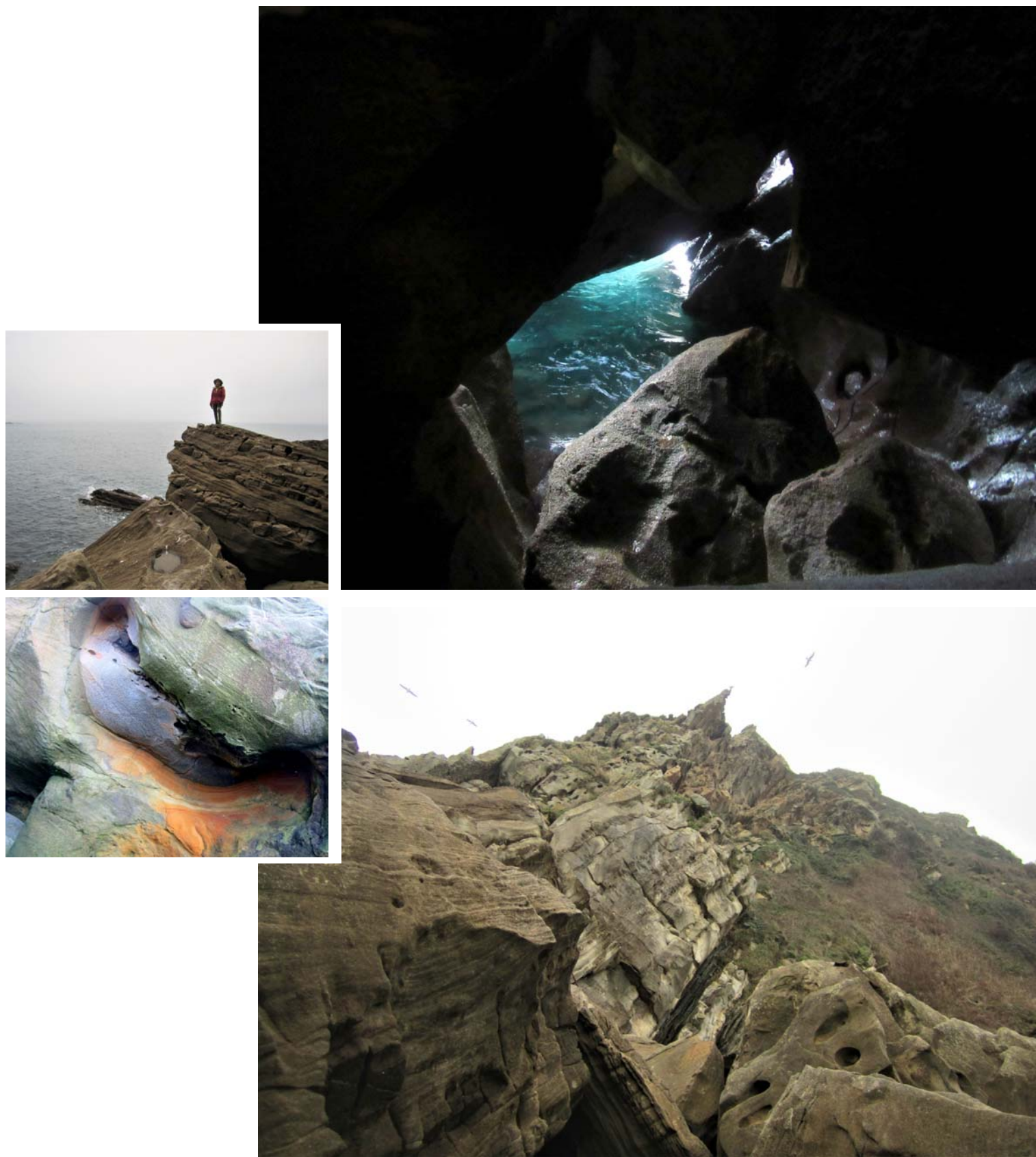


Figura 21. La Cueva de Arlantz se desarrolla entre estratos y bloques adosados en la punta de Arlantz, y posee biotopos de agua marina, dulce y anquihalina. Así como diversas geoformas.



Figura 22. Galerías en la parte central de la Cueva de Arlautz., bajo una boca-claraboya, con circulaciones de agua dulce y tapices de algas verdes y rojas.



Figura 23. Pasos de techo bajo enlazan con galerías en oscuridad total (imágenes con flash). Los bloques algo rodados sugieren que con fuerte oleaje en marea alta las olas penetran y erosionan los bloques sueltos.



Figura 24. Diversas espeleotemas y geoformas se encuentran en las galerías de las cuevas de Arlantz.

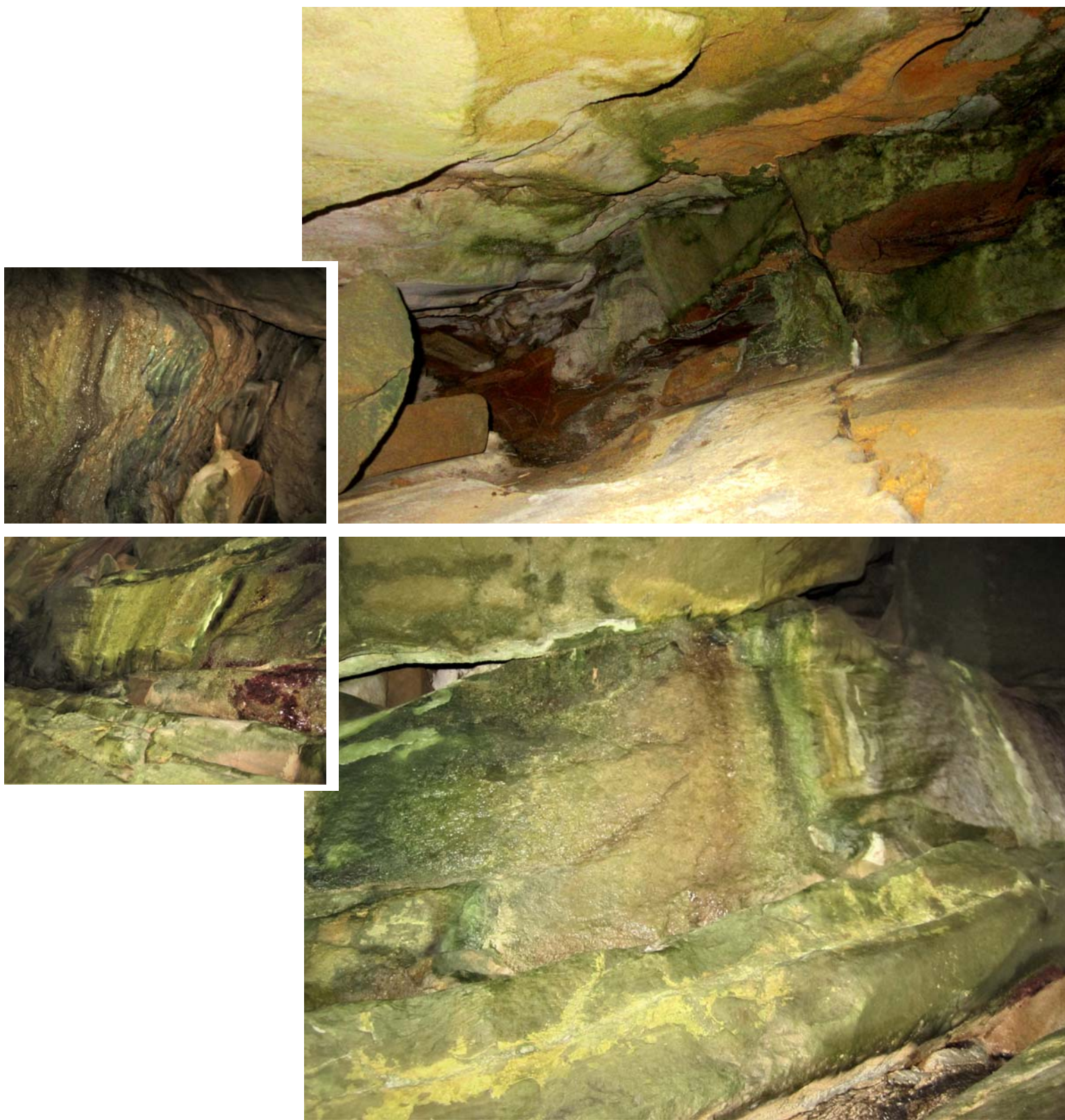


Figura 25. Pequeñas circulaciones hídricas, coladas y algas en el interior de las galerías, en zona oscura.

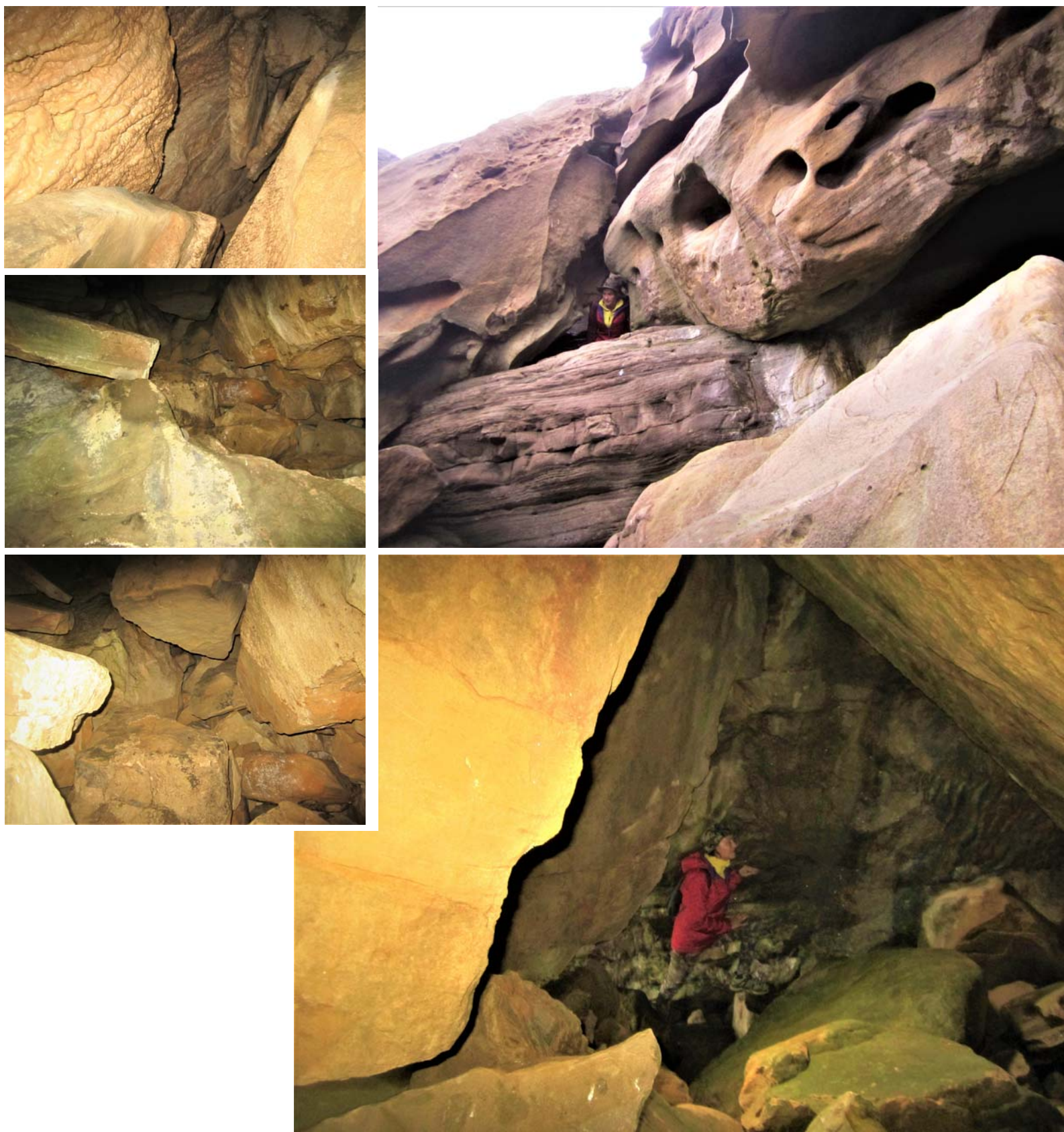


Figura 26. Bocas entre bloques adosados a los estratos y galerías en zona oscura. Detalles en recuadros de: simas internas con coladas estalagmíticas, rellenos de bloques y depósitos arenosos.

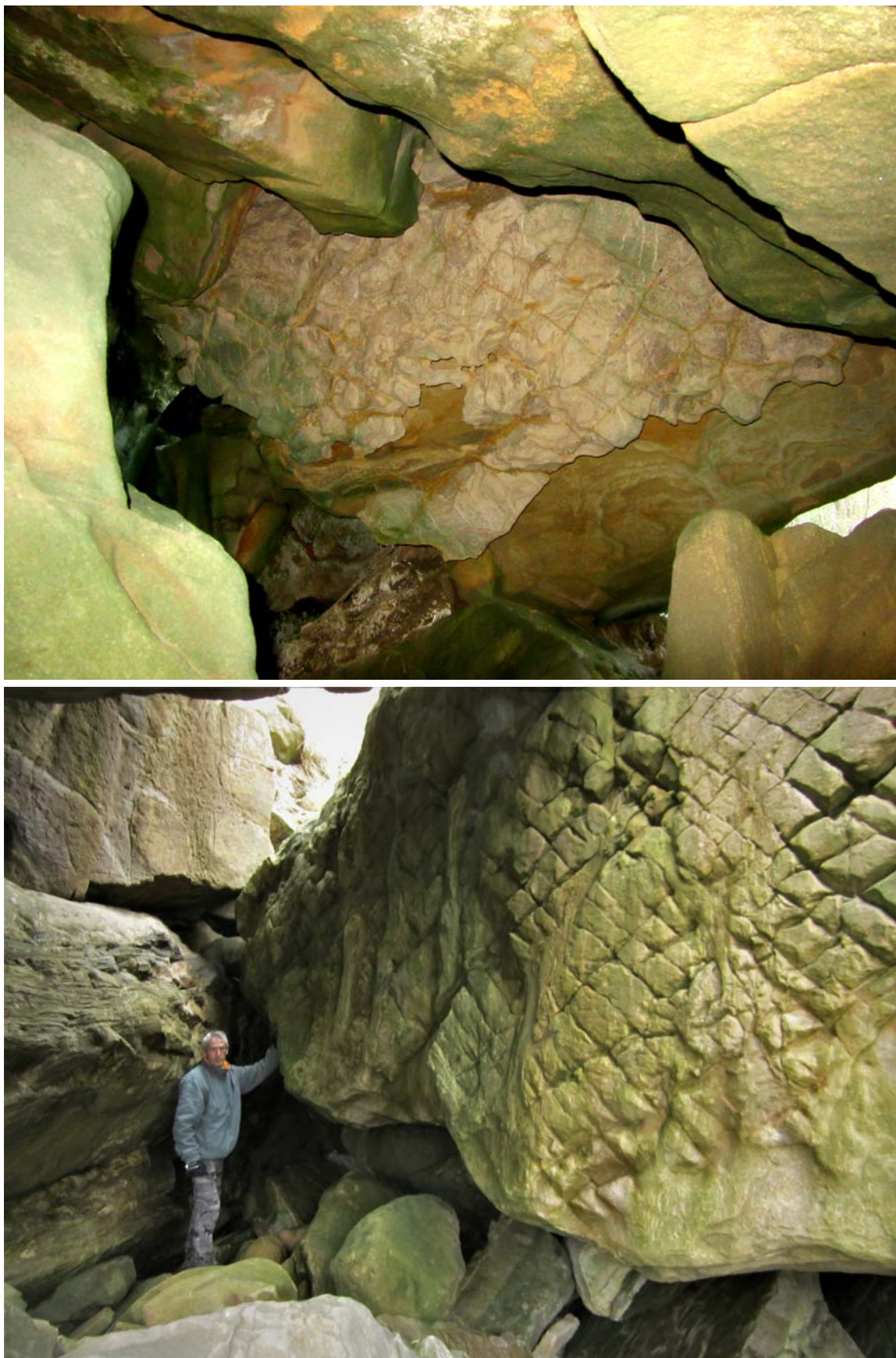


Figura 27. Otro tramo de galerías con diversas espeleotemas, geoformas y redes de diaclasas ortogonales.



Figura 28. Distintas bocas de la red de galerías de la cueva de Arlautz, algunas de amplias dimensiones.



Figura 29. Sector Este del enclave de Arlantz (arriba) y bloques de la zona central, con diversas geoformas (debajo).



Figura 30. Vista hacia las placas del lado W (base de la ruta de acceso) y colonia de gaviotas.

En las cuevas, en la zona intermareal, son también muy frecuentes y abundantes en número los cangrejos *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius), entre otros, que igualmente podrían ser considerados troglófilos o subtroglófilos, ya que pueden completar su ciclo en las cuevas de recubrimiento. Al respecto cabe señalar que en este sector del litoral de Ulía habita una colonia numerosa de gaviotas, que tienen sus posaderos y nidos en relieves escarpados de los acantilados. Con frecuencia se alimentan de detritos arrojados por el mar sobre las rocas y predan sobre diversos invertebrados, especialmente cangrejos. Este detalle es sólo para indicar que las preferencias de los cangrejos para frecuentar oquedades y cuevas de recubrimiento en parte pueden obedecer a que a su vez les brindan refugio contra la predación. Aunque no presentan adaptaciones para la vida hipógea, son capaces de desenvolverse en zona de penumbra e incluso en zonas de oscuridad total o muy acentuada, sobre todo si contienen biotopos ricos en restos de algas y/o detritos orgánicos.

En pozas y estanques subterráneos es frecuente la presencia del anfípodo marino *Pontocrates arenarius* (Bate), forma propia de la zona litoral y sublitoral entre 0 y 30 m de profundidad. De amplia distribución europea, se extiende 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 pereópodos 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 colectados eran depigmentados y de tegumentos translúcidos. Como otros anfípodos, son omnívoros muy voraces, consumiendo restos orgánicos de todo tipo.

Otra especie de isópodo hallada es *Sphaeroma hookeri* Leach (Sphaeromatidae), especie acuática propia 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 troglobios 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). La especie ha sido hallada en meandros de agua salobre en San Sebastián, en la cueva de Unanue (a escasos 4 Km de Ondarreta, San Sebastián) y en cavidades en arenisca del litoral guipuzcoano (Margalef & Balcells, 1951; Galán, 1993; Galán & Nieto, 2016; Galán et al, 2020). Es conocida de lagunas salobres del litoral mediterráneo occidental y del atlántico europeo. Puede ser considerada una forma stygófila. Se alimenta principalmente de detritos vegetales.

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

La familia Gammaridae está representada principalmente por formas epígeas de aguas dulces y salobres continentales, pero también contiene algunas formas troglobias 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 (1964) considera que el centro de su área es el Garona. 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 *Megacyclops viridis* (Muir), especie troglófila, de amplia distribución, que ha sido encontrada en Gipuzkoa en muchas cuevas de distintos macizos kársticos, en cuevas en arenisca y en biotopos epígeos. Posee un cuerpo ovoide, con pereion más ancho que el cuerpo posterior. Las ramas de la furca son largas, con cuatro sedas apicales; las patas de los pares primero a cuarto de estructura parecida; las del quinto par con una sola rama rudimentaria. *Megacyclops viridis* habita también en pequeños cuerpos de agua epígeos 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.

La fauna de invertebrados reportada en su mayoría es troglófila, faltando o estando ausentes los troglobios típicos. No obstante, algunos taxa poseen incipientes grados de troglomorfismo (depigmentación o reducción ocular). La biocenosis de los biotopos anquihalinos presenta especies de distinta procedencia (desde hábitats marinos hasta otros de agua dulce). 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; Glynn-Williams & Hobarts, 1952).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La prospección de acantilados y zonas de difícil acceso en las areniscas de Ulía ha permitido poner al descubierto acuíferos subterráneos, cuevas y rasgos geológicos poco conocidos. En los que han intervenido distintos procesos de disolución, erosión, actividad geomicrobiológica y fenómenos clásticos mecánicos. La descompresión de la roca en la vecindad de vacíos, como escarpes y acantilados, no sólo propicia la fractura y colapso de grandes bloques y lienzos enteros de roca, sino también el desmantelamiento y destrucción de vacíos previamente formados. La disolución intergranular de la arenisca y la precipitación de sustancias disueltas permite la formación de espeleotemas y geoformas, y va acompañada de muchos otros procesos que operan en el modelado del relieve. Probablemente la existencia de intercalaciones blandas de lutitas en la facies flysch de estas turbiditas arenosas es un factor mayor que dificulta la karstificación y espeleogénesis, contribuyendo al deslizamiento de los estratos duros y al colapso de cavidades previamente formadas.

Los sistemas de cuevas en esta litología son habitadas por una multiplicidad de especies, de distinta procedencia, a lo largo de gradientes entre el mar y el medio continental, y entre la superficie y el medio hipógeo. El medio hipógeo en este caso es muy rico en recursos tróficos, algo inusual con respecto a lo generalmente encontrado en el karst clásico en caliza.

Otro aspecto destacable es la gran extensión que alcanza este medio hipógeo en arenisca en la zona litoral. La red de cuevas prospectada durante este trabajo comprende 200 m de galerías, pero para el conjunto del enclave hay aproximadamente 1 km de galerías techadas y seguramente varios kms si se avanzara en la exploración de galerías de débil diámetro. Considerando que la fauna hipógea se extiende y habita preferentemente en redes de mesocavernas (aún más extensas), puede comprenderse que se trata de un hábitat subterráneo extenso. Y no sólo circunscrito a la zona litoral, sino abarcando acuíferos y macrocavernas en zonas a mayor altitud de estos afloramientos de arenisca.

En todo caso, este sector de la punta de Arlantz aporta nuevos datos sobre los singulares rasgos que posee el litoral de San Sebastián (Gipuzkoa) en sus zonas más abruptas, con interesantes ejemplos de taxa variablemente cavernícolas. A pesar de las modestas dimensiones individuales de las cavidades hasta ahora halladas, podemos concluir que reúnen múltiples rasgos de interés científico, que se agregan a los ya conocidos sobre la karstificación y biología subterránea en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Dpto. de Espeleología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) que nos acompañaron en prospecciones previas en el enclave de Arlantz, en especial a Daniel Arrieta y Julianne Forstner. A dos revisores anónimos de la SCA y Biosphere Consultancies (United Kingdom) por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, F.; E. Escobar-Briones & J. Alcocer. 2000. Sistemas anquihalinos en México. Ciencia y desarrollo, 155: 38-45.
- 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.
- Brenneis, G. & S. Richter. 2010. Architecture of the nervous system in Mystacocarida (Crustacea). An immunohistochemical study and 3D reconstruction. Journal of Morphology 271: 169-189.
- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. Munibe, S.C.Aranzadi, 31(1-2): 3-139.
- Delamare Deboutteville, C. 1954. L'ecologie du Mystacocaride *Derocheilocaris remanei* f. *biscayensis* Delamare sur la cotes du Golfe de Gascogne. Vie et Milieu, 5:310-329.
- Delamare Deboutteville, C. 1957. Le Mystacocaride *Derocheilocaris biscayensis* sur les cotes du Portugal. Vie et Milieu, 8:110.
- Delamare Deboutteville, C. 1960. Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Hermann, Paris. 740 p.
- Delamare Deboutteville, C. & P. A. Chappuis. 1951. Presence de l'ordre des Mystacocarida Pennak et Zinn dans le sable des plages du Roussillon: *Derocheilocaris remanei* n. sp. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, series D, 233: 437-439.
- Delamare Deboutteville, C. & P. A. Chappuis. 1954. Morphologie des Mystacocarides. *Archives de Zoologie Exp. et Gen.*, 91:7-24.
- Delamare Deboutteville, C.; S. Gerlach & R. Siewing. 1954. Recherches sur la faune des eaux souterraines littorales du Golfe de Gascogne. Littoral des Landes. Vie et Milieu, 5:373-407.
- Galán, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas silíceas y rocas carbonáticas: un estudio comparado. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 43: 43-72.
- Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163.
- Galán, C. 2002. Biodiversidad, cambio y evolución de la fauna cavernícola del País Vasco. Gobierno Vasco, Depart. Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Viceconsejería Ordenación Territorio y Biodiversidad: 56 pp + 17 fig + 20 lám.color. Web aranzadi.sciences.org, archivo PDF: 64 pp.
- Galán, C. 2010. Evolución de la fauna cavernícola: mecanismos y procesos que explican el origen de las especies troglodias. Página web: aranzadi.sciences.org, archivo PDF: 31 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. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 82 pp.

- Galán, C. & D. Arrieta. 2016. Notas sobre cuevas en arenisca en los acantilados de Arlantz (Ulía, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 40 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.03.
- Galán, C. & F. Herrera. 1998. Fauna cavernícola: ambiente, especiación y evolución (Cave fauna: environment, speciation and evolution). Bol. Soc. Venezol. Espeleol., 32: 13-43.
- Galán, C. & M. Nieto. 2016. Crustacea Mystacocarida y Copepoda en cavidades en arenisca en el Rincón del Búho (monte Ulía, Donosti, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.
- Galán, C.; J. Forstner & M. Nieto. 2017. Algunos ejemplos de geoformas y espeleotemas extrañas encontradas en cuevas en arenisca en los acantilados del monte Ulía (País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 40 pp.
- Galán, C.; I. Herraiz & M. Nieto. 2020. Fauna cavernícola en una sima con biotopos anquihalinos en el litoral de Ulía (arenisca de la Formación Jaizkibel, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 42 pp.
- Galán, C.; 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. 136.
- 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.; 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.
- Gehring, W. & K. Ikeo. 1999. Mastering eye morphogenesis and eye evolution. Trends Genet. 15: 371-377.
- Glynne-Williams, J. & J. Hobarts. 1952. Studies on the crevice fauna of a selected shore in Anglesey. Proc. Zool. Soc. London, 122: 797-824.
- Haug, J.T.; J. Olesen; A. Maas & D. Waloszek. 2011. External morphology and postembryonic development of *Derocheilocaris remanei* (Mystacocarida) revisited, with a comparison to the Cambrian taxon *Skara*. Jour. of Crustacean Biology, 31(4): 668-692.
- Hessler, R.R. 1971. Biology of the Mystacocarida: A prospectus. In: Hulings, N.C., ed. Proceeding of the First Internat. Conference on Meiofauna. Smithsonian Contributions to Zoology, 76: 87-90.
- 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.
- Jeannel, R. 1943. Les fossiles vivants des cavernes. Ed. Gallimard, Paris, 321 p.
- 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. Biogeographie 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. Balcels. 1951. Crustáceos interesantes de las aguas salobres de Guipúzcoa. Munibe, 2: 2 p.
- 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.
- Pretus, J. L. 1991. Contribució al coneixement de la fauna intersticial litoral. Presencia de mistacocarides (Crustacea) a l'illa de Mallorca. Butlletí de la Institució Catalana d'Historia Natural (Zoologia), 60: 113-119.
- 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.
- Stock, J.; T. Illiffe & D. Williams. 1986. The concept of "Anchialine" reconsidered. Stygologia, 2 (1-2): 90-92.
- Van Vliet, A. 1982. Submarine fans and associated deposits in the Lower Tertiary of Guipúzcoa (Northern Spain). Thesis Doct. Univ. Utrecht, Netherlands, 180 pp.
- Vandel, A. 1964. Biospéologie: La Biologie des Animaux cavernicoles. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 619 p.