EXPLORACIÓN DE LOS TÚNELES EN ARENISCA DE COSTA TXIKI Y PASAIA 3, CON NOTAS GEO-BIOLÓGICAS (FORMACIÓN JAIZKIBEL, PASAIA, PAÍS VASCO).

Exploration of the sandstone tunnels of Costa Txiki and Pasaia 3, with geo-biological notes (Jaizkibel Formation, Pasaia, Basque Country).

Carlos GALÁN; Marian NIETO & Garbiñe ALBISU. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

EXPLORACIÓN DE LOS TÚNELES EN ARENISCA DE COSTA TXIKI Y PASAIA 3, CON NOTAS GEO-BIOLÓGICAS (FORMACIÓN JAIZKIBEL, PASAIA, PAÍS VASCO).

Exploration of the sandstone tunnels of Costa Txiki and Pasaia 3, with geo-biological notes (Jaizkibel Formation, Pasaia, Basque Country).

Carlos GALÁN; Marian NIETO & Garbiñe ALBISU.
Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.
E-mail: cegalham@yahoo.es
Abril 2021.

RESUMEN

Se describe un grupo de túneles y abrigos con geoformas en estratos de arenisca en el litoral del monte Jaizkibel. Las rocas son parte de una secuencia de turbiditas abisales, de edad Eoceno (Formación Jaizkibel, País Vasco). Dos de los túneles perforan los bordes de una placa litoral, a 52 m snm, y llevan un canal hoy colapsado. El tercero discurre a una cota más alta (107 m snm) y es parte de una canalización activa que suministra agua al túnel de Pasaia. La exploración de estos túneles es una continuación de trabajos previos (túneles de Lezo, Pasaia, Kalaburtza y Gran Kanto) los cuales interceptan acuíferos subterráneos y aportaron el hallazgo de interesantes especies de fauna cavernícola, así como de espeleotemas y curiosas geoformas. En los escarpes del sector hay a su vez otros ejemplos de abrigos con geoformas. En los biotopos hipógeos hallamos varias especies no reportadas antes para el karst de la región.
Palabras clave: Biología subterránea, Karst en arenisca, Hidrogeología, Túneles, Abrigos, Espeleotemas, Geoformas.

ABSTRACT

A group of tunnels and shelters with geoforms in sandstone strata is described on the coast of Mount Jaizkibel. The rocks are part of a sequence of abyssal turbidites, of Eocene age (Jaizkibel Formation, Basque Country). Two of the tunnels pierce the edges of a littoral plate, at 52 m asl, and carry a channel that is now collapsed. The third runs at a higher elevation (108 m asl) and is part of an active channel that supplies water to the Pasaia tunnel. The exploration of these tunnels is a continuation of previous works (Lezo, Pasaia, Kalaburtza and Gran Kanto tunnels) which intercept underground aquifers and contributed to the discovery of interesting species of cave fauna, as well as speleothems and curious geoforms. In the escarpments of the sector there are also other examples of shelters with geoforms. In the hypogean biotopes we find several species not previously reported for the karst of the region.
Key words: Subterranean Biology, Karst in sandstone, Hydrogeology, Tunnels, Shelters, Speleothems, Geoforms.

INTRODUCCION

En la arenisca de la Formación Jaizkibel, de edad Eoceno, se desarrollan localmente procesos de karstificación. Estas rocas representan los últimos sedimentos marinos antes de la emersión del territorio y la formación del conjunto montañoso denominado Arco Plegado Vasco, prolongación occidental de los Pirineos (Boillot & Malod, 1988; Campos, 1979; Galán, 1993; Rat, 1988).

Las cavidades se forman básicamente por un proceso subterráneo de disolución intergranular de la arenisca, que avanza en el límite entre los cristales individuales de cuarzo. La disolución afecta al cemento carbonático y parcialmente a los granos de cuarzo, y produce también la alteración por hidrólisis de cantidades minoritarias de feldespatos y micas contenidos en la matriz.

Su resultado es una progresiva descohesión o arenización de la roca, que pasa de ser compacta a incoherente. De este modo se forma un gran número y diversidad de cavidades (a distintas escalas), con una gran variedad de espeleotemas y geoformas, algunas de las cuales resultaron nuevas para la Ciencia (Galán, 2013; Galán & Nieto, 2012; Galán & Vera Martin, 2010, 2011; Galán et al, 2008, 2009, 2013). No obstante, la intercalación de lutitas en la serie flysch, hace que a medida que progresa la erosión de superficie, los estratos de arenisca experimenten procesos de fractura y colapso mecánico, con deslizamiento de paneles enteros de roca y con la consiguiente destrucción de cavidades, asociada al modelado de superficie. La infiltración de las precipitaciones organiza acuíferos y sistemas de drenaje subterráneo, localizados y compartimentados, lo que da origen a múltiples pequeñas surgencias o a la descarga directa al mar (Galán & Nieto, 2020 a, b; Galán el al, 2020). Los túneles de captación y trasvase de aguas, al perforar la arenisca, interceptan flujos hídricos subterráneos y poseen biotopos con poblaciones de especies cavernícolas.

MATERIAL Y METODOS

Los túneles, localizados en salidas previas por G. Albisu, fueron prospectados en abril de 2021. Se tomaron datos topográficos y muestras de fauna, espeleotemas y tapices de microorganismos, los cuales fueron analizados en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon y mediante analítica DRX para las espeleotemas. Los datos descriptivos son completados con fotografía digital.

RESULTADOS

Los túneles explorados en este trabajo forman parte de dos sistemas distintos de captación y trasvase de aguas. El primero (túneles de Costa Txiki), es parte de un sistema, hoy parcialmente destruido, que discurre a una cota media de 52 m snm. Se extiende hacia el W, pasando también por los túneles de Gran Kanto (Galán 2021), para atravesar luego el monte de N a S, cerca de la entrada al puerto de Pasaia, a través del túnel de Kalaburtza, de 208 m de longitud (Galán & Nieto, 2020 b).

El segundo discurre a mayor altitud (cota media de 107 m snm), es prolongación de otros canales que proceden de Lete, y discure hacia el W para atravesar también por el Tunel de Pasaia 2, de 400 m de largo, y luego atravesar el monte de N a S a través del Túnel de Pasaia 1, de 1.600 m de longitud (Galán, 2021; Galán et al, 2020).

En todos los túneles antes citados encontramos fauna cavernícola de interés, incluyendo especies troglófilas y troglobias, así como diversas espeleotemas peculiares. Por lo que nos pareció de interés seguir prospectando estos túneles menores. En los recorridos de acceso a los mismos existen en adición varios escarpes verticales que presentan abrigos y geoformas.

Los túneles se localizan en los parajes de Costa Txiki y Zubillondo (en término de Pasaia), en la ladera N que da al mar. Con respecto a la línea de costa, este sector se localiza al E de las placas de Tanbo, Gran Kanto y Punta Galea; entre el entrante topográfico de Kosta Aundi y Kosta Txiki el primer sistema (túneles de Kosta Txiki 1 y 2), y entre el arroyo de Zubillondo y la cala de Azabaratza el segundo (Túnel Pasaia 3). Las coordenadas UTM de las bocas de los túneles son dadas en la descripción.

DESCRIPCION DE LOS TÚNELES Y ESCARPES

En todo este sector los arroyos cataclinales que descienden desde la fila de Jaizkibel, hacia el NNW, han labrado en su parte baja más próxima al mar un relieve de cerros y placas triangulares, de 40-45º de buzamiento medio NNW y morfologías en chevrón. Los escarpes laterales de estas placas poseen todo un conjunto de abrigos y pequeñas cavidades con numerosas geoformas.

El acceso al túnel 1 de Costa Txiki se realiza siguiendo la base de un escarpe de este tipo, que desciende desde la cota 100 m snm hasta el nivel del mar. Este escarpe vertical tiene un desnivel medio de 10-15 m y a lo largo de su recorrido presenta una serie de abrigos, algunos de ellos superpuestos a distintas alturas, y con diversas geoformas: grandes boxworks, celdas en panal de abejas (honeycomb cells), bandas de Moebius, suaves superficies arenizadas con laminaciones y estructuras de corriente, láminas intercaladas de óxidos y silicatos de hierro y aluminio, concavidades semi-esféricas correspondientes a concreciones de tipo cannonballs vaciados, y formas residuales de otras geoformas y concreciones carbonáticas. Al alcanzar la cota 52 m snm se presenta, semioculta en un entrante del escarpe, la boca E del túnel de Costa Txiki 01.

Túnel Costa Txiki 1.

Situación: a 508 m en planta al SW de la cala de Azabaratza.

Coordenadas ETRS89, UTM30N, de la boca E del túnel: E 590.128; N 4.799.965; altitud: 52 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 20 m. Desnivel 0 m. Figuras 01 á 08.

Descripción: El túnel 1 perfora horizontalmente el escarpe E de la placa de Costa Txiki, para acceder a su cara N. La boca, y la sección del túnel, tienen forma de U invertida, de 1,4 m de ancho x 1,8 m de altura de bóveda. Su trazado tiene 20 m de largo y es rectilíneo (de azimut E-W), con ligera curvatura en sus extremos. Su suelo posee restos de un canal cementado de 40 cm de ancho y alto, actualmente roto y semicolmatado por depósitos arcillosos. El túnel, en penumbra, es de ambiente bien ventilado y seco. A lo largo del mismo son frecuentes recubrimientos blancos de espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo (alófano), que contrastan con el color amarillento de la arenisca, y pequeñas espeleotemas tubulares y coraloides de ópalo-A, con terminaciones distales de yeso, localizadas sobre zonas ventiladas de las paredes y techo. Este tipo de espeleotemas fue descrito previamente para la cueva Jaizkibel 07 (Galán & Vera Martin, 2010, 2011) y resulta singular por poseer dos minerales secundarios en la misma espeleotema. La terminación distal de yeso, más extensa, es de color blanco, mientras que la base tubular de ópalo-A es grisácea. Se trata de espeleotemas de origen biogénico, cuya formación está influida o mediada por la actividad metabólica de microorganismos.

La cavidad, en penumbra, más acentuada en su parte central, presentó algunos ejemplos de fauna cavernícola, destacando la ocurrencia de numerosos ejemplares de tysanuros *Petrobius maritimus* (Machilidae) y de pequeñas hormigas negras Formicidae.

La boca W del túnel da paso a un sendero horizontal (donde prosigue la canalización) sobre la placa de Costa Txiki, de fuerte buzamiento (40º NNW). A 180 m de distancia al W se alcanza la boca E del túnel 2, algo antes de otro escarpe lateral que separa Costa Txiki del entrante topográfico de Costa Aundi. El túnel 2 atraviesa el borde hacia el S para alcanzar la base de dicho escarpe. A mitad del sendero hay un sector con coluviones de cantos de arenisca incluidos en una matriz arcillosa-húmica.

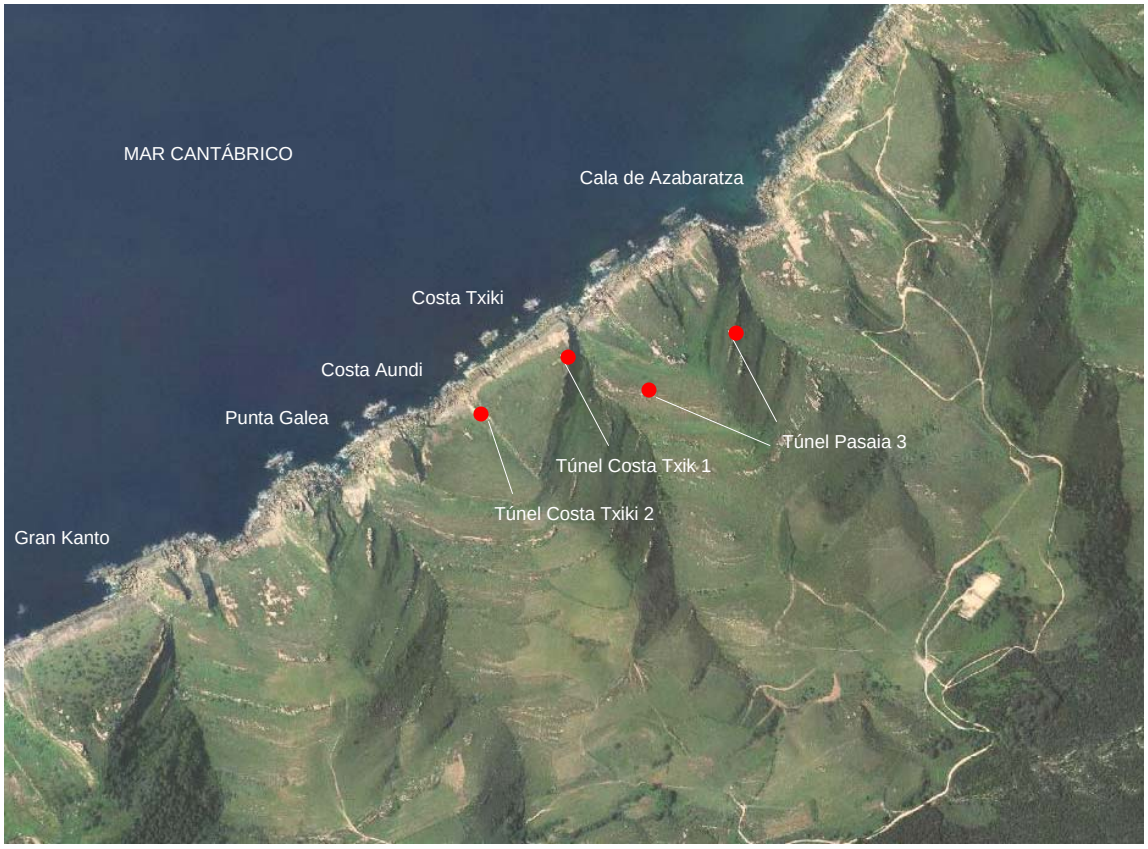

Figura 01. Esquema del sistema de túneles de Pasaia 1, 2, 3, que discurre a una cota media de 107 m (arriba) y ortofoto b5m del área de estudio, con localización de los túneles de Costa Txiki y Pasaia 3 (debajo).

Figura 02. Aproximación desde la parte alta de Jaizkibel hacia la placa de Costa Txiki. La flecha negra indica la posición de la cala de Azabaratza.

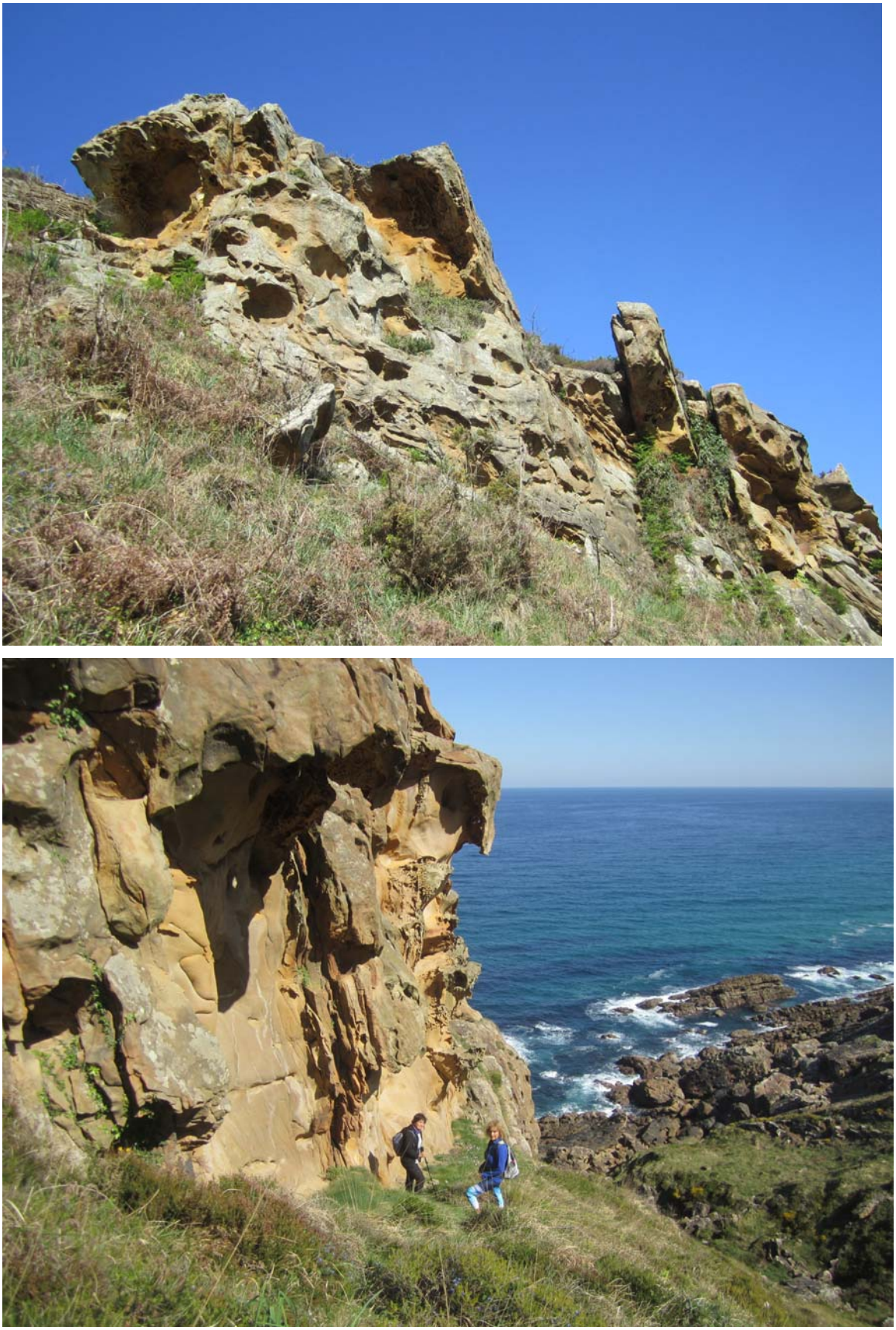

Figura 03. Escarpe E de la placa de Costa Txiki. Con gran número de abrigos, pequeñas cavidades y geoformas.

Figura 04. Geoformas en abrigos del escarpe E de Costa Txiki. Boxworks, bandas de Moebius, concavidades de cannonballs, superficies arenizadas, formas residuales.

Figura 02. Abrigos superpuestos en el escarpe E de Costa Txiki, con diversas geoformas.

Figura 06. Geoformas en abrigos en los estratos gruesos de arenisca y boca E del túnel de Costa Txiki 1.

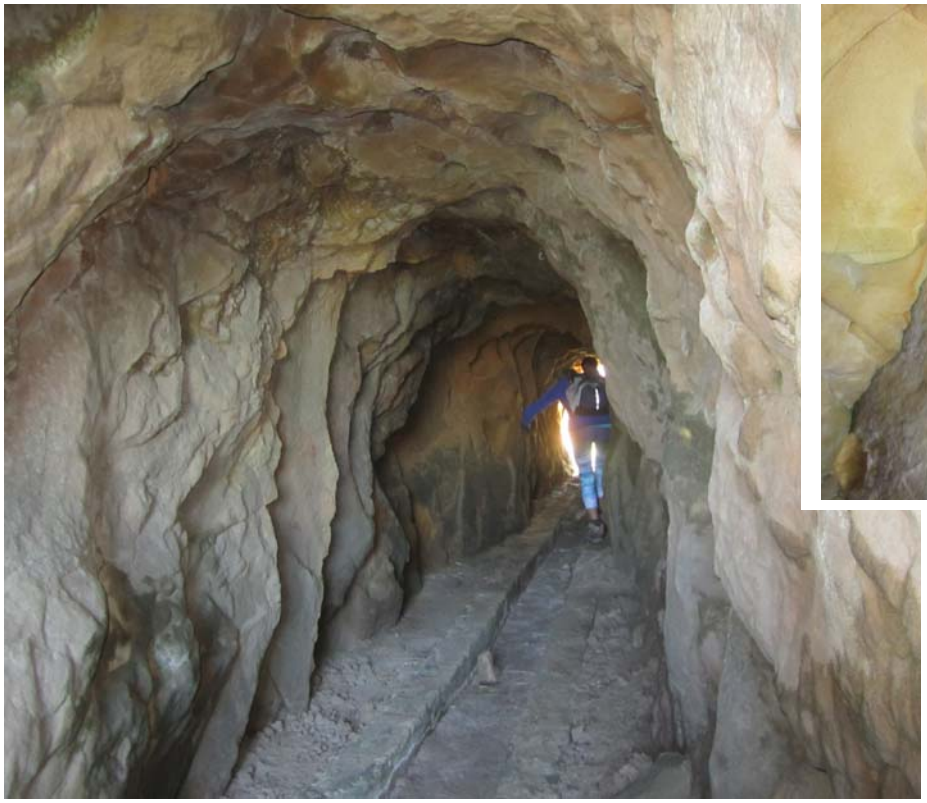

Figura 07. Túnel de Costa Txiki 1, con recubrimientos de espeleotemas blancas de silicatos de aluminio amorfo (alófano) y algunas geoformas en sus paredes internas. Nótese el canal relleno de sedimentos arcillo-arenosos.

Figura 08. Túnel de Costa Txiki 1 y boca W. Detrás se aprecia el chevron que separa esta placa de la de Azabaratza.

Figura 09. Sendero sobre la placa de Costa Txiki por donde discurre el canal entre los túneles 1 y 2 (a 52 m snm) y detalle de un coluvión de cantos de arenisca sobre el estrato superior.

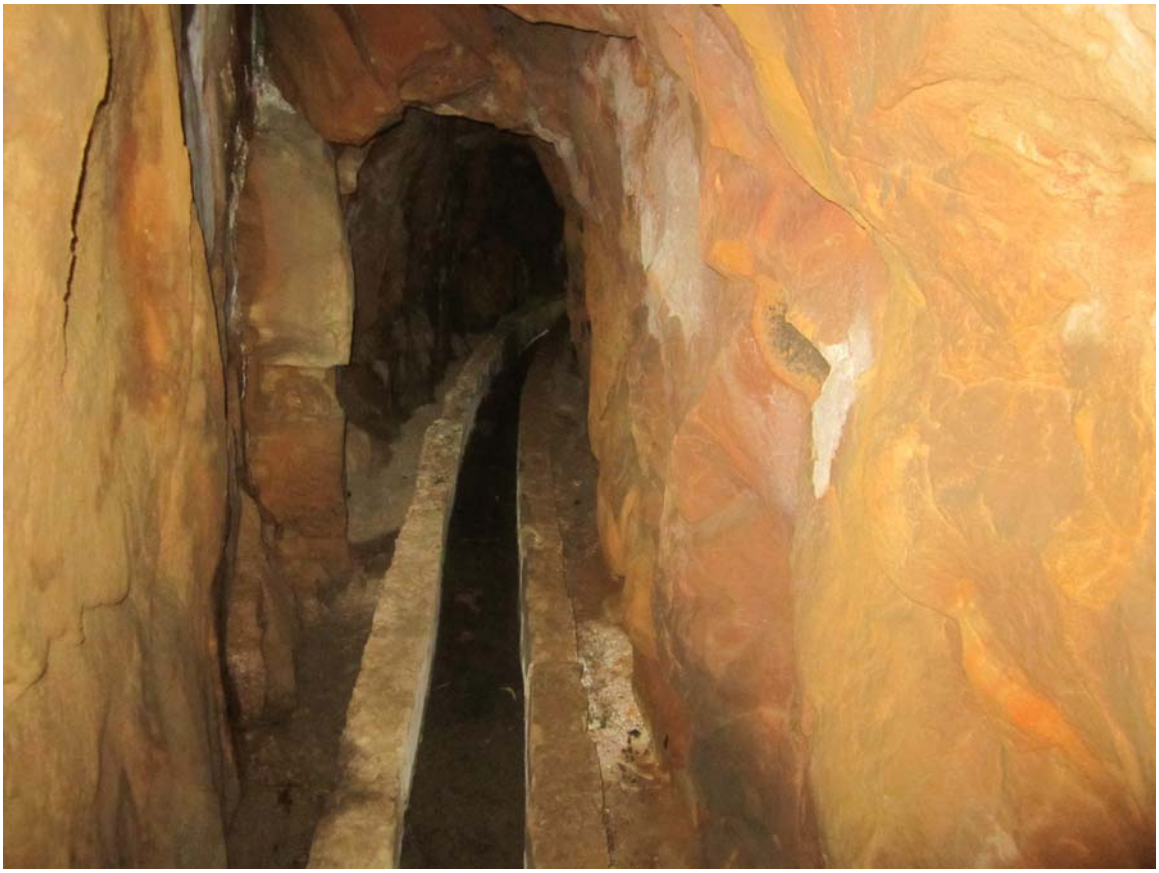

Figura 10. Boca E del túnel de Costa Txiki 2 y su galería interna, en oscuridad, con el canal con agua.

Figura 11. Detalles del túnel 2 de Costa txiki con espeleotemas de alófano y extraños diseños de color negro probablemente debidos a óxidos de hierro-manganeso y/o films bacteriales.

Figura 12. Diversos aspectos del túnel de Costa Txiki 2, con algo de agua estancada en el canal en la parte W del túnel.

Figura 13. Túnel 2 de Costa Txiki. Detalles de superficies arenizadas con distintos coloridos y laminaciones (arriba); espeleotemas de ópalo-A con terminaciones distales de yeso (debajo y recuadro superior); films azulados de Cyanobacteria en zonas de penumbra (recuadro inferior). Las espeleotemas de ópalo-A alcanzan 5-7 mm.

Figura 14. Boca W del túnel 2, con abrigo basal bajo el estrato de techo y detalle de laminaciones en la arenisca.

Figura 15. Geoformas y abrigo basal en el escarpe W entre la placa de Costa txiki y el entrante topográfico de Costa Aundi, con superficies cubiertas por hiedra.

.

Figura 16. Detalles del escarpe W de Costa Txiki (arriba) y placa de Costa Aundi, con un gran escarpe cóncavo en su parte central y bloques de colapso con cuevas de recubrimiento en la línea de costa (debajo).

Figura 17. Abrigos y geoformas en la parte baja del escarpe W de Costa Txiki. Se pueden apreciar láminas ocres de oxihidróxidos de hierro y aluminio en los planos de fractura verticales. En la parte inferior, bloques de colapso.

Figura 18. Bloques de colapso, con diversas geoformas formadas por disolución de concreciones seccionadas.

Túnel Costa Txiki 2.

Situación: a 180 m al WSW de la boca W del Túnel Costa Txiki 1.

Coordenadas ETRS89, UTM30N, de la boca E del túnel: E 589.950; N 4.799.864; altitud: 52 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 27 m. Desnivel 0 m. Figuras 09 á 18.

Descripción: La cavidad atraviesa el escarpe, de 10-15 m de desnivel, para alcanzar la base del mismo en el entrante de Costa Aundi. La boca E se abre sobre el sendero y describe una curva hacia el S y luego SW, estando toda su parte central en oscuridad. Su sección, en U invertida, es similar a la del túnel anterior, pero posee algunas ampliaciones de bóveda y en su parte W adopta una sección algo más triangular, a expensas de la estratificación. La mitad E tiene igualmente un canal seco, mientras que la mitad W presenta agua estancada (procedente de filtraciones), con 2-5 cm de altura de agua y fondo con sedimentos arcillo-arenosos. El desarrollo es de 27 m. Presenta también espeleotemas de alófano (silicato de aluminio) y de ópalo-A con terminaciones distales de yeso, de origen biogénico. En zona oscura hay tapices blancos de Actinobacteria y en zona de penumbra e inicio de zona oscura tapices de un color azul intenso de Cyanobacteria. Hay además manchas negras sobre pequeñas superficies y sobre líneas de fisuras, con dibujos y diseños diversos, de naturaleza incierta, que bien podrían corresponder a otros tipos bacteriales o bien a precipitados minerales (tal vez óxidos de hierro y/o manganeso). En todo caso su estética resulta llamativa, ya que contrasta fuertemente con el color amarillo de la arenisca; estas superficies están muy arenizadas (decementadas), con granos de arena media-gruesa casi sueltos, que se desprenden con facilidad al tocarlos.

La fauna comprende las especies halladas en el túnel 1 (tysanuros *Petrobius* y hormigas Formicidae) más varios araneidos, dípteros, tricópteros, así como numerosos ejemplares de opiliones *Ischyropsalis nodifera*, y una especie de diplópodo Glomeridae no reportada antes para estos sistemas de túneles. A pesar de tener una zona de agua estancada muy transparente, de varios metros de extensión, no hallamos fauna acuática cavernícola.

Desde la boca W del túnel se accede al entrante litoral de Costa Aundi. Y desde la misma boca se presenta un largo abrigo (poco profundo y de 1 m altura) que sigue la base del escarpe, hasta la costa. En éste y en la pared externa hay diversas geoformas que incluyen concreciones y láminas de óxidos de hierro (y aluminio), concavidades de cannonballs, concreciones seccionadas que han sido disueltas generando extraños diseños, así como cavidades de recubrimiento entre grandes bloques en la línea de costa. El enclave de Costa Aundi posee en su parte central un amplio escarpe semicircular (socavón de 50 m de ancho y -10 m de desnivel), cóncavo hacia el mar, formado a expensas de fracturas de distensión mecánica y por deslizamiento de los estratos seccionados.

Túnel Pasaia 3.

Situación: a 170 m en planta al ESE de la boca E del Túnel Costa Txiki 1.

Coordenadas ETRS89, UTM30N de la boca W del túnel: E 590.304; N 4.799.830; altitud: 107 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 280 m. Desnivel -0,5 m. Figuras 19 a 30.

Descripción: Se encuentra remontando hasta la cota 107 m, donde se localiza la boca W del Túnel 2 de Pasaia (Galán et al, 2020), de la cual parte un sendero horizontal (sobre la canalización) que cruza el talweg del arroyo de Zubillondo erreka, y sigue hacia el NE a igual cota. Tras un recorrido de unos 350 m se alcanza la boca W del túnel Pasaia 3, el cual atraviesa el intrerfluvio entre el valle de Zubillondo y el de Abanguren, cuyo barranco desemboca en la cala de Azabaratza.

El túnel 3 tiene una longitud de 280 m y su trazado describe una curva hacia el N, luego NE y finalmente E, pasa salir en la ladera E sobre la cala de Azabaratza, a unos 200 m de distancia en planta al S de la misma. El túnel 3 es algo más amplio que los anteriores, con sección en U invertida de 1,5-2 m de ancho x 1,8-2,2 m de alto, y la mayor parte de su recorrido está en oscuridad total, debido a un ligero acodamiento de los tramos de entrada. La canalización del túnel es una tubería de 40 cm de diámetro, en tramos de unos 20 m de largo unidos por abrazaderas de hierro forjado. Los primeros 50 m del lado W del túnel están revestidos con una capa de cemento, mientras que en el resto las paredes están excavadas en la roca-caja, con algunas ampliaciones, pequeños bloques desprendidos, y zonas en la parte central con sección triangular, siguiendo su bóveda el buzamiento. La mitad W del túnel tiene suelos arcillo-arenosos (sobre los cuales descansa la tubería) mientras que la mitad E está inundada, con 40-50 cm de altura de agua, quedando tramos con toda la tubería sumergida y con huellas de niveles de agua hasta 0,5 m más altos. El túnel contiene por tanto biotopos acuáticos y terrestres, en oscuridad total.

El agua del sector inundado procede de filtraciones entre planos de estratificación y fisuras, que en puntos localizados han generado pequeñas coladas estalagmíticas de calcita teñidas con oxi-hidróxidos de hierro. A todo lo largo del túnel hay recubrimientos milimétricos blancos de espeleotemas de alófano (silicato de aluminio hidratado y amorfo), sobretodo en las áreas más secas, y, sólo en algunos sectores, espeleotemas tubulares y botroidales de ópalo-A con terminaciones distales de yeso. En algunos puntos hay pequeños flujos coloidales rojizos y negros de oxi-hidróxidos de hierro (goethita, hematita, limonita). Y es que tal vez lo más llamativo de este túnel es que atraviesa estratos de arenisca de distintos colores: blancos, amarillentos, anaranjados y rojos. Las intercalaciones delgadas de lutitas grises son en cambio muy escasas. En la superficie de las paredes la roca-caja se presenta arenizada (prueba del proceso de disolución intergranular), y en la mayor parte del túnel está constituida por arenisca de grano grueso.

La fauna hallada es escasa y comprende formas terrestres (no fue hallada fauna acuática, pese a realizarse observaciones detalladas y siendo el agua muy transparente). Esta comprende opiliones, araneidos, isópodos, tysanuros, dípteros y tricópteros. Llamó la atención la presencia de sapitos *Bufo calamita* (Bufonidae), ya que es una especie rara en el País Vasco. Encontramos cuatro ejemplares, uno en zona seca hacia la mitad del túnel y otros 3 sobre la tubería en zona inundada.

Figura 19. Escarpe E de Costa Txiki, con diversos abrigos, y sendero horizontal sobre el canal que discurre horizontal por la cota 107 m snm y conduce -cruzando el valle- a la boca W del túnel Pasaia 3.

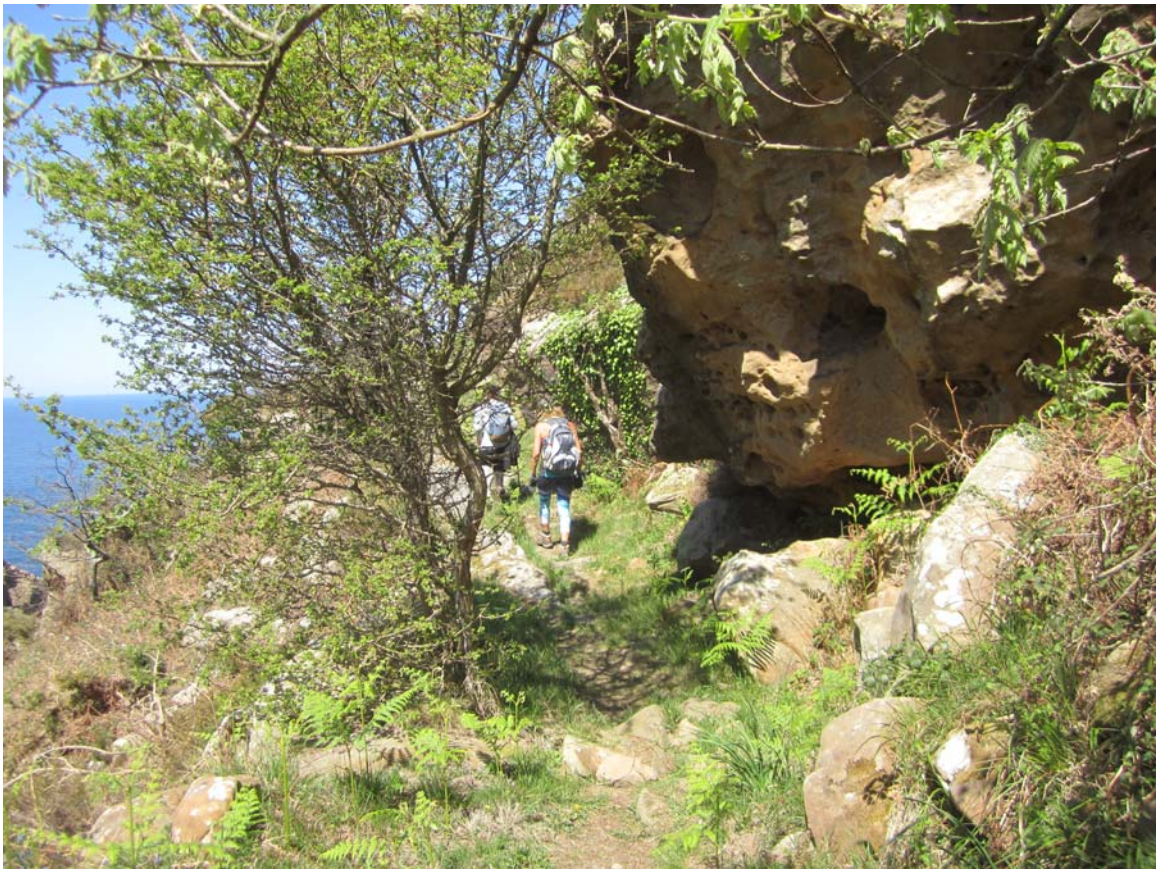

Figura 20. Arroyo de Zubillondo y continuación del sendero hacia la boca W del túnel Pasaia 3.

Figura 21. Abrigo próximo a la boca W del túnel Pasaia 3, con geoformas y arcos de roca (arriba), galería interna del túnel 3 (debajo) y detalle de la roca-caja en sus paredes (recuadro). Nótese la tubería colectora y apilamiento de bloques desprendidos.

Figura 22. Diversos aspectos de la parte W del túnel de Pasaia 3. En el recuadro intermedio pueden apreciarse pequeñas coladas estalagmíticas de calcita teñidas con oxihidróxidos de hierro.

Figura 23. Tramo central del túnel 3 de Pasaia, con la bóveda siguiendo el buzamiento de los estratos e intercalaciones delgadas de láminas de óxidos de hierro, de intensos colores ocres y anaranjados.

Figura 24. Tramos inundados en el túnel 3 de Pasaia, con huellas del nivel que alcanza el agua y estratos de distintos colores. En la imagen superior se pueden apreciar pequeñas coladas estalagmíticas amarillentas de calcita.

Figura 25. Túnel 3 de Pasaia. Zonas de poco fondo y zonas donde el agua cubre por completo la tubería colectora.

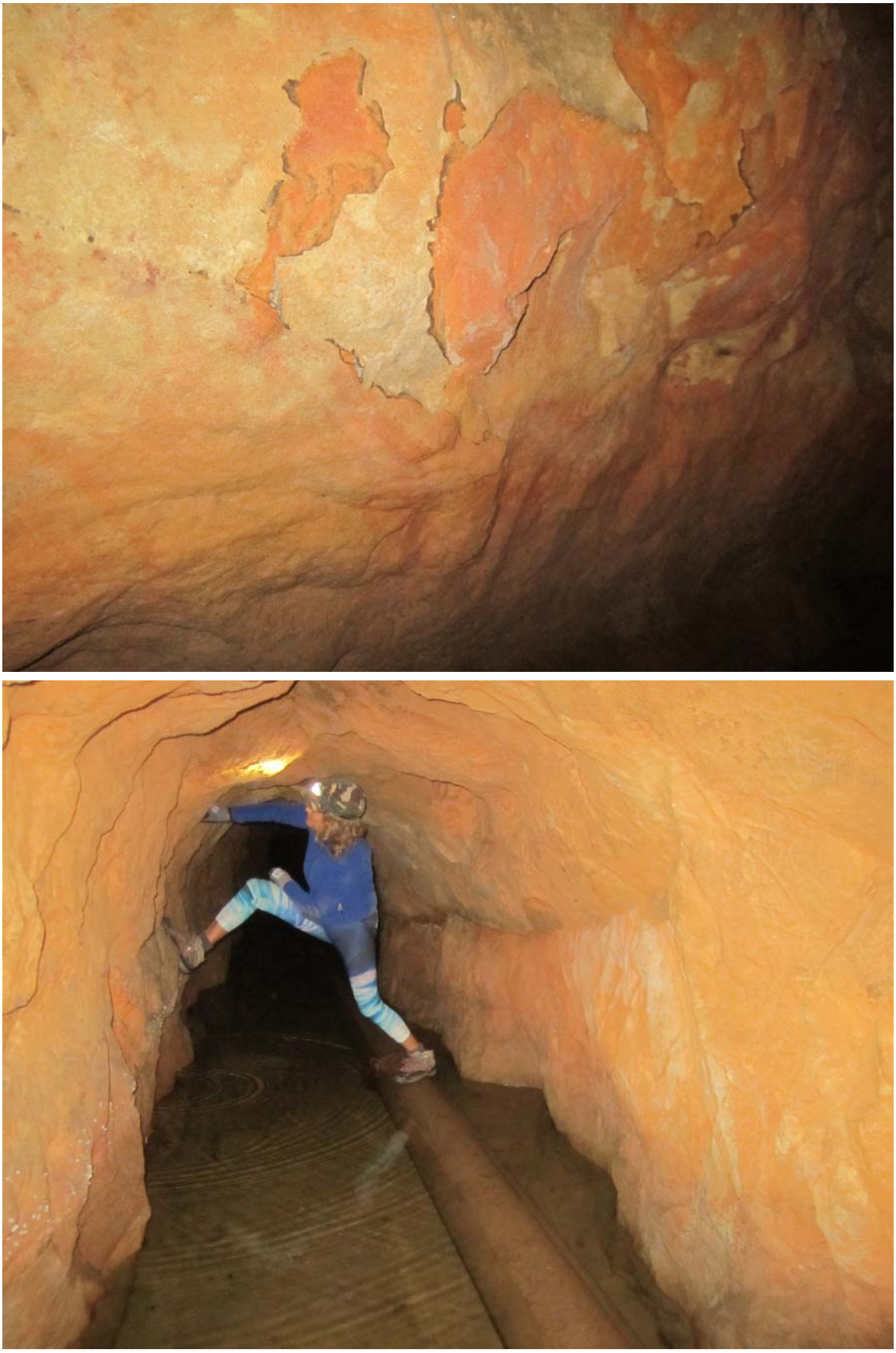

Figura 26. Zonas del túnel 3 donde la roca-caja de arenisca presenta intensas coloraciones rojo-anaranjadas.

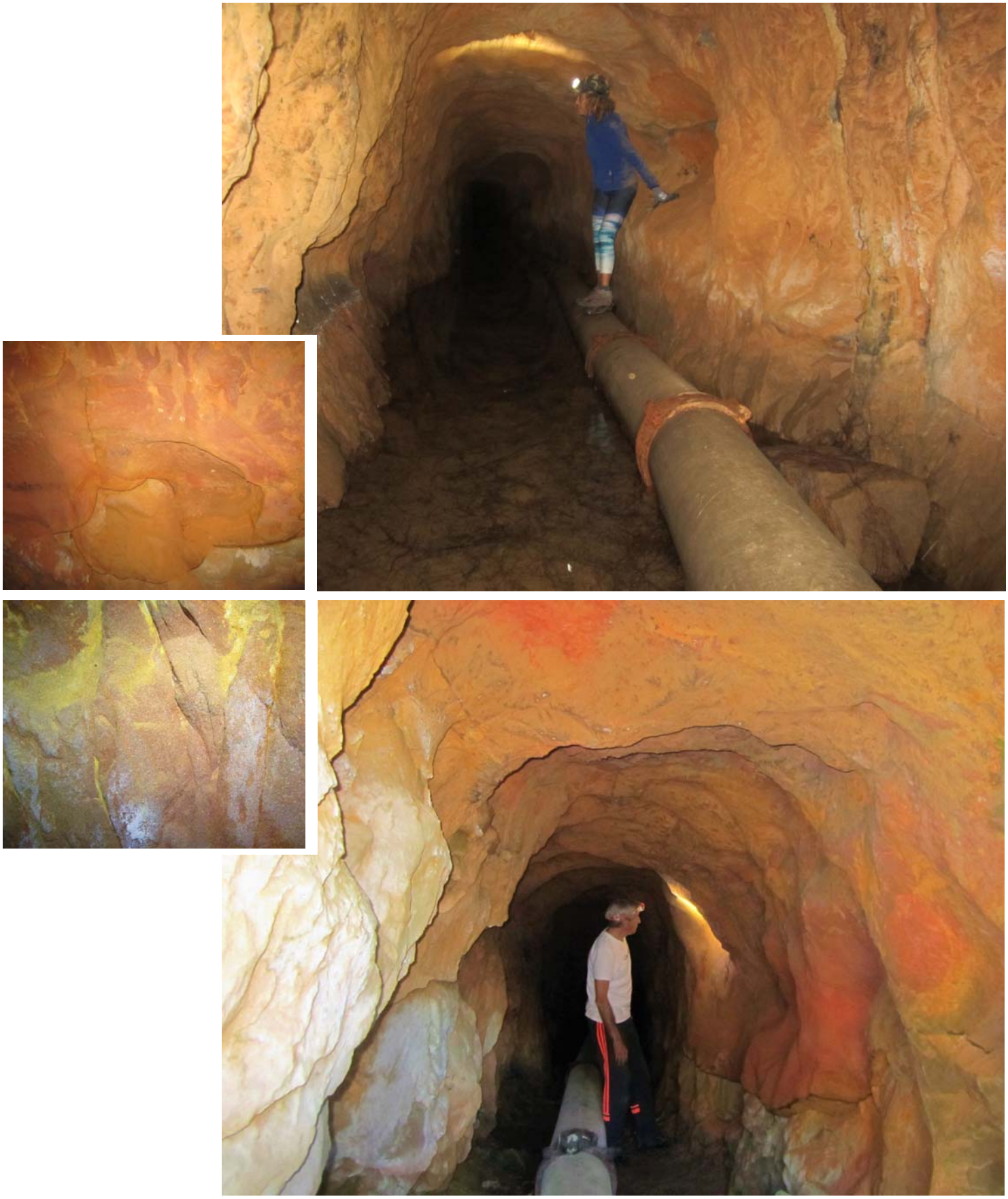

Figura 27. Distintas secciones del túnel 3 cercanas a la boca E, donde la arenisca es de grano grueso y presenta distintas coloraciones: rojizas, anaranjadas, amarillas y blancas.

Figura 28. Detalles de tramos inundados y secos en el túnel 3 de Pasaia, de 280 m de longitud.

Figura 29. Escarpes sobre el túnel Pasaia 3, con abrigos superpuestos a varias alturas y diversas geoformas.

Figura 30. Grandes boxworks y geoformas cordadas en abrigos de escarpes en el interfluvio sobre el túnel 3 de Pasaia.

En el espolón que asciende desde la boca E del túnel 3 hacia el interfluvio sobre la cala de Azabaratza hay otos escarpes adicionales con varios abrigos grandes y diversas geoformas, principalmente boxworks gigantes.

El túnel 3 de Pasaia, como ha sido visto, intercepta en su recorrido varios niveles acuíferos, a profundidades que alcanzan 40 m bajo la superficie en su parte central. El grado de arenización de la roca y la ocurrencia de espeleotemas (que incluyen calcita, ópalo-A, yeso, silicatos de aluminio y oxi-hidróxidos de hierro) prueban la importancia de la disolución intergranular para desarrollar procesos kársticos y formación de cavidades en esta litología. Aunque el cemento carbonático es fácilmente disuelto y exportado por las aguas de infiltración, existe también una disolución parcial de los granos de cuarzo y de componentes minoritarios, dando luego lugar a la reactividad de soluciones multicomponentes y a la precipitación de distintos minerales secundarios, en forma de espeleotemas, y en cuya génesis pueden también influir ácidos orgánicos (procedentes de la vegetación y suelos de superficie), sustancias quelantes y subproductos del metabolismo de microorganismos, generando films y recubrimientos complejos.

BIOESPELEOLOGÍA

El ambiente hipógeo de estos túneles presenta biocenosis de fauna cavernícola poco modificada, incluida en las categorías ecológicas de troglóxenos y troglófilos (Juberthie, 1983; Galán, 1993). No obstante, la fauna hallada incluye algunos troglóxenos que penetran en zona oscura y constituyen casos llamativos, no hallados previamente en túneles y cavidades del karst en arenisca de la Formación Jaizkibel. Estos incluyen a pequeñas hormigas *Lasius niger* Linneo (Formicidae), diplópodos con capacidad de volvación *Glomeris marginata* (Villers), y anuros *Bufo calamita* (Laurenti).

Otras especies troglófilas, comunes en cuevas de la región, destacan por su abundancia numérica en los túneles, entre ellas los opiliones *Ischyropsalis nodifera* Simon (Ischyropsalididae) y los tysanuros Machiloidea *Petrobius maritimus* (Leach) (Machilidae).

El resto de especies son también comunes y se encuentran en bajo número; entre ellas isópodos terrestres *Oniscus asellus* Linné (Oniscidae), araneidos *Meta bourneti* Simon (Tetragnathidae), *Tegenaria inermis* Simon (Agelenidae), tricópteros *Micropterna fissa* McLachlan (Limnephilidae), dípteros *Rhymossia fenestralis* Meigen (Mycetophilidae), *Limnobia nubeculosa* (Limnobiidae) y *Tipula oleracea* Linnaeus (Tipulidae). Un listado de las especies halladas es presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista de las especies identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 12 taxa (4 troglófilos, 8 troglóxenos).

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Opiliones	Ischyropsalididae	*Ischyropsalis nodifera* Simon	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	*Meta bourneti* Simon	Troglófilo
Araneida	Agelenidae	*Tegenaria inermis Simon*	Troglófilo
Isopoda	Oniscidae	*Oniscus asellus* Linné	Troglóxeno
Diplopoda	Glomeridae	*Glomeris marginata* (Villers)	Troglóxeno
Thysanura Machiloidea	Machilidae	*Petrobius maritimus* (Leach)	Troglófilo
Diptera	Mycetophilidae	*Rhymossia fenestralis* Meigen	Troglóxeno
Diptera	Limnobiidae	*Limnobia nubeculosa* (Meigen)	Troglóxeno
Diptera	Tipulidae	*Tipula oleracea* Linnaeus	Troglóxeno
Trichoptera	Limnephilidae	*Micropterna fissa* McLachlan	Troglóxeno
Hymenoptera	Formicidae	*Lasius niger* Linneo	Troglóxeno
Anuros	Bufonidae	*Bufo calamita* (Laurenti)	Troglóxeno

A continuación algunos comentarios ecológicos que juzgamos de interés sobre las especies menos conocidas (o no citadas en trabajos previos). Las hormigas *Lasius niger* son de pequeña talla (3mm) y resultaban abundantes en el túnel 1 y en el ambiente seco del túnel 2. Esta hormiga es muy común en todo tipo de hábitats de superficie. Se trataba de obreras que deambulaban sobre y entre los sedimentos del suelo, probablemente en busca de pulgones, pequeños artrópodos y restos vegetales. Su orientación en zona oscura se basa en sentidos químicos (uso de feromonas y marcas químicas en sus recorridos) y táctiles (tienen además la capacidad de memorizar sus recorridos). Sus reportes en cuevas son relativamente raros y se limitan al ambiente más superficial.

El diplópodo *Glomeris marginata* tiene capacidad de volvación (se enrrolla como una bolita) y es un troglóxeno de hábitos detritívoros que alcanza 12 mm de talla. En el túnel 2 encontramos ejemplares de esta especie en pequeñas oquedades de las paredes de arenisca, en zona oscura. Los ejemplares se encontraban enrrollados, en reposo.

Del sapito corredor *Bufo calamita* encontramos cuatro ejemplares en zona oscura en el túnel Pasaia 3. Todos ellos en reposo, descansando sobre suelo arcilloso húmedo y sobre la tubería, muy cerca del agua, ambientes éstos de alta humedad. Su presencia no es accidental ya que penetran más de 100 m en el interior del túnel. Su reporte en cavidades es escaso (hace poco hallamos ejemplares de esta especie en las minas de Karrika, Oiartzun). La especie es rara en el N peninsular, habiéndose reportado para el País Vasco sólo en dos zonas limitadas del litoral, en Bizkaia (arenal de Azkorri-Getxo) y Gipuzkoa (Hondarribia-Irún-Oiartzun).

Los microorganismos incluyen tapices de Actinobacteria en zona oscura y de Cyanobacteria en zona de penumbra e inicio de la zona oscura. Algunos de ellos asociados a la ocurrencia de espeleotemas. En las bocas y zona de entrada hay también vegetación criptogámica y tapices de algas verdes.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los túneles descritos en esta nota, a pesar de su moderado desarrollo, presentan diversos rasgos geo-biológicos de interés. Entre ellos un conjunto de 12 especies de hábitos variablemente cavernícolas y una alta diversidad de espeleotemas, aspectos que evidencian la importancia de la disolución intergranular, como el mecanismo genético que comanda la karstificación de la arenisca. La reactividad química de las soluciones en el interior del acuífero, a tenor de las condiciones dinámicas y de equilibrio, puede permitir que se alcance la sobresaturación y precipitación de distintos minerales secundarios formadores de espeleotemas.

Adicionalmente el sector estudiado presenta cuevas de recubrimiento en zona litoral, bajo y entre grandes bloques de colapso, así como numerosos abrigos en los escarpes externos, con notables tipos de concreciones y geoformas.

Las cavidades presentan biocenosis de fauna cavernícola poco modificada que podrían incluirse en las categorías ecológicas de troglóxenos y troglófilos (Juberthie, 1983; Galán, 1993). A su vez, la presencia de cavernícolas especializados (= troglobios) en otras cuevas y túneles de la región, muestra que el karst en arenisca de la Formación Jaizkibel constituye un medio subterráneo extenso, que alberga y sirve de refugio, temporal o permanente, a numerosas formas de vida.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros y colaboradores del Laboratorio de Bioespeleología de la S.C.Aranzadi que nos han acompañado en las prospecciones y trabajos de campo en Jaizkibel. A dos revisores de Biosphere Consultancies y SCA por sus correcciones y útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

Boillot, G. & J. Malod. 1988. The north and north-west Spanish continental margin: a review. Rev.Soc.Geol.España, 1: 295-316.

Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. Munibe, S.C.Aranzadi, 31(1-2): 3-139.

Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163.

Galán, C. 2013. Cuevas, geoformas y karstificación en areniscas Eocenas de la Formación Jaizkibel: Actualización de datos para Mayo de 2013. Conferencia con audiovisual en Power point. Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca, 10-05-13 & Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 82 pp.

Galán, C. 2021. Notas sobre fauna cavernícola de los túneles y cuevas en arenisca de Gran Kanto (Pasaia, Formación Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleo. S.C.Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 36 pp.

Galán, C. & M. Nieto. 2012. Bandas de Moebius, Boxworks y otras raras Geoformas en arenisca de la Formación Jaizkibel. Bol. SEDECK - Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst, 8 (2012): 20-41.

Galán, C. & M. Nieto. 2020 a. Fauna cavernícola en un túnel de trasvase de aguas de 800 m de longitud en arenisca de edad Eoceno (Formación Jaizkibel, Lezo, Gipuzkoa). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 30 pp.

Galán, C. & M. Nieto. 2020 b. El túnel de Kalaburtza y su fauna cavernícola (Pasaia, arenisca de Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 18 pp.

Galán, C. & C. Vera Martin. 2010. Espeleotemas de magnetita, hematita, yeso, ópalo-A, y otros minerales secundarios en una cueva del pseudokarst de Jaizkibel: Caracterización por espectroscopía Raman, difracción de rayos X (DRX) y espectrometría por dispersión de energía (EDS). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 16 pp.

Galán, C. & C. Vera Martin. 2011. Microanálisis por dispersión de energía XPS de espeleotemas de yeso y ópalo-A en una cueva en arenisca de Jaizkibel (País Vasco). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 8 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). Pag web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 44 pp.

Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2009. Formes pseudokarstiques dans le grès du flysch éocène côtier en Guipúzcoa (Pays basque espagnol). Karstologia, Assoc. Franc. Karstol. & Fed. Franc. Spéléol., 53: 27-40.

Galán, C.; J.M. Rivas; R. Ionescu & M. Nieto 2013. Disolución intergranular y Evolución de cuevas y geoformas: los ejemplos más extravagantes del mundo en arenisca de edad Eoceno (Formación Jaizkibel, País Vasco). Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 56 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.; M. Nieto & G. Albisu. 2020. Fauna cavernícola en un túnel que atraviesa 1.600 m de espesor de arenisca de edad Eoceno en el monte Jaizkibel (Pasaia, Gipuzkoa, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 40 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.

Rat, P. 1988. The basque-cantabrian bassin between the iberian and european plates, some facts but still many problems. Rev.Soc. Geol.España, 1: 327-348.