PROCESOS DE COLONIZACIÓN DE HÁBITATS HIPÓGEOS ARTIFICIALES: BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA DE TÚNELES EN CONGLOMERADOS BAJO LA FORTALEZA DE ARKALE (OIARTZUN, PAÍS VASCO).

Colonization processes of artificial hypogeous habitats: Underground biology of tunnels in conglomerates under the Arkale fortress (Oiartzun, Basque Country).

Carlos GALÁN. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

PROCESOS DE COLONIZACIÓN DE HÁBITATS HIPÓGEOS ARTIFICIALES: BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA DE TÚNELES EN CONGLOMERADOS BAJO LA FORTALEZA DE ARKALE (OIARTZUN, PAÍS VASCO).

Colonization processes of artificial hypogeous habitats: Underground biology of tunnels in conglomerates under the Arkale fortress (Oiartzun, Basque Country).

Carlos GALÁN.
Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.
Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.
E-mail: cegalham@yahoo.es
Julio 2021.

RESUMEN

En la cumbre del monte Arkale (Oiartzun) existe una antigua fortaleza o castillo en ruinas del siglo 12, instalada sobre una fila de peñascos, y bajo ella se construyeron en 1940 varios túneles de un sistema militar de defensa. Los túneles atraviesan un pequeño afloramiento de conglomerados y microconglomerados de cantos silíceos de edad Albiense (Cretácico temprano). El sistema consta de un bunker y tres bocas de acceso, interconectados por una red de galerías de 200 m de desarrollo y -15 m de desnivel. En la cavidad habitan diversas especies de invertebrados y vertebrados de hábitos variablemente cavernícolas. El sistema presenta filtraciones de aguas subterráneas y algunos curiosos ejemplos de espeleotemas y tapices de microorganismos. Al igual que otros hábitats hipógeos de reciente creación (pecios en el mar, antiguas minas y edificaciones subterráneas) estos ambientes artificiales van siendo modificados con el paso del tiempo y van siendo poblados por diferentes organismos, a los que los túneles ofrecen refugio y condiciones adecuadas para completar su ciclo de vida. El trabajo describe los túneles y la fauna hallada.
Palabras clave: Túneles, Conglomerados silíceos, Hidrogeología, Biología subterránea, Espeleotemas, Microorganismos.

ABSTRACT

At the top of mount Arkale (Oiartzun) there is an ancient fortress or castle in ruins from the 12th century, installed on a line of crags, and under it several tunnels of a military defense system were built in 1940. The tunnels pass through a small outcrop of conglomerates and microconglomerates of siliceous ridges from the Albian age (early Cretaceous). The system consists of a bunker and three manholes, interconnected by a network of galleries of 200 m of development and -15 m of unevenness. Various species of invertebrates and vertebrates with varyingly cave-dwelling habits inhabit the cavity. The system has groundwater seepage and some curious examples of speleothems and microorganism mats. As other recently created hypogeous habitats (wrecks in the sea, old mines and underground buildings), these artificial environments are modified over time and are populated by different organisms, to which the tunnels provide shelter and conditions adequate to complete their life cycle. The work describes the tunnels and the fauna found.
Key words: Tunnels, Siliceous conglomerates, Hydrogeology, Underground biology, Speleothems, Microorganisms.

INTRODUCCION

El medio hipógeo comprende sistemas de cavernas y vacíos subterráneos en distintas litologías, pincipalmente en rocas solubles como la caliza y el yeso. Las cavidades artificiales pueden también estar en comunicación con mesocavernas y vacíos menores. Este es el caso de muchos túneles y galerías de minas. Una vez cesada su actividad, el paso del tiempo y la infiltración de las aguas van remodelando los espacios subterráneos, siendo susceptibles de ser colonizados por distintas formas de vida. Se puede decir que las galerías artificiales abandonadas comparten con las cuevas naturales un conjunto de características: su oscuridad total, alta humedad relativa, ausencia de plantas verdes, circulaciones hídricas subterráneas, formación de espeleotemas y rellenos sedimentarios, y cierto contenido de materiales orgánicos, constituyendo de este modo un nuevo hábitat de reciente creación, susceptible de ser colonizado por microorganismos y animales cavernícolas, en sucesiones que se inician a partir o desde medios transicionales y ecosistemas limítrofes.

La actividad metabólica de los microorganismos (principalmente bacterias) puede dar lugar a procesos de destrucción y meteorización de la roca y a la formación de nuevos minerales secundarios o espeleotemas. Ello se suma a la acción principal del agua sobre la roca, ya que en la medida en que se incrementa la infiltración, se amplían las fisuras de roca y se produce la captura y formación de sistemas de drenaje subterráneo, que desaguan hacia las galerías. De este modo se crea un sistema hipógeo en roca inicialmente compacta, que, aunque en su origen es artificial, progresivamente va adquiriendo características que lo asemejan a cavidades naturales, en variable grado.

En este caso estudiamos un sistema de túneles de utilidad militar excavados hace 80 años en la proximidad de Oiartzun, los cuales se sitúan bajo una fortificación antigua (castillo de Arkale, del siglo 12). Los túneles atraviesan un pequeño afloramiento de conglomerados silíceos de edad Albiense (Cretácico temprano). En esta litología, muy similar a los conglomerados del Trías (Buntsandstein), se pueden presentar mesocavernas, fisuras y pequeñas cavidades, sin constituir un karst propiamente dicho, pero pudiendo contener algunas especies cavernícolas propias de este medio transicional y/o del MSS adyacente (Galán, 1993, 2001).

El estudio de la fauna que habita en estos túneles resulta interesante porque permite comparar la acción de procesos similares en distintas litologías y sus resultados hidrogeológicos y faunísticos. A menudo, como en el caso de minas abandonadas, los túneles pueden contener curiosas espeleotemas, ya que que la diversidad de minerales-fuente es considerable. Generalmente involucran films y espeleotemas de desarrollos milimétricos, aunque pueden cubrir amplias superficies. El escaso tiempo dispuesto para su formación se manifiesta también a nivel faunístico, con predominio de especies troglóxenas y cavernícolas poco especializados, en proceso de colonización y adaptación a los nuevos ambientes subterráneos. En el presente trabajo describiremos los rasgos más destacables o sobresalientes de los túneles de Arkale y la fauna hallada en los mismos.

MATERIAL Y METODOS

Las prospecciones biológicas fueron realizadas en junio de 2021. La topografía fue efectuada con instrumental de precisión Suunto. Los planos fueron dibujados en programa Freehand. El material biológico colectado fue preservado en etanol 75% y fue identificado en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Algunas muestras de roca y espeleotemas fueron objeto de observación microscópica, caracterización de propiedades físicas y análisis mineralógico por difracción de rayos X (DRX). Fueron consultadas referencias históricas sobre los túneles de la región. Los datos descriptivos son completados con fotografía digital.

RESULTADOS

La zona de estudio se localiza en las Peñas de Arkale (Arkaleko harkaitzak, 272 m snm), sobre el barrio de Gurutze, en la parte N de Oiartzun. Configura una pequeña cresta rocosa de orientación SE-NW, que cierra la zona de Oiartzun de los accesos desde Irún. Representa, por lo tanto, un punto estratégico en el territorio de Gipuzkoa. El eje de la cadena se encuentra formado por peñas separadas entre sí por fuertes roturas y desniveles, lo que configura una defensa natural evidente.

En la estribación E de estos riscos, en la cota 258 m snm, se encuentra el castillo de Beloaga o fuerte de Arkale, que data de época medieval y aparece documentado en el listado de castillos conquistados en el año 1200 por el rey Alfonso VIII de Castilla al Reino de Navarra. Su historia incluye otros episodios bélicos (rebeliones de señores que se atrincheran, órdenes de asalto y derribo, escaramuzas en las guerras Carlistas). El castillo tuvo pues relevancia militar, ya que desde su cima se domina la bahia de Txingudi, la costa y la frontera con Francia, por lo que posee un destacado valor estratégico. Fue destruído parcialmente y en la actualidad se encuentra en proceso de rehabilitación de su torre y patio de armas.

Bajo la fortaleza de Arkale, donde la pendiente se suaviza, fue excavado en los años 1940 un sistema de túneles militares de observación y defensa que atraviesan la peña de S a N. Estos túneles son independientes del castillo y forman parte de la fortificación Vallespín en Gipuzkoa, zona atrincherada para la defensa de la costa y la frontera con Francia en caso de una invasión. Los bunkers y defensas fueron construidos por los “batallones de trabajadores” del franquismo, mano de obra esclava formada por prisioneros represaliados del bando republicano. Los túneles de la peña de Arkale, objeto de este trabajo, fueron denominados “el Observatorio” y formaban parte de la Organización Defensiva nº 2. Constan de tres bocaminas de acceso y una casamata o bunker, entrelazados por 200 m de galerías subterráneas. Lo interesante de los túneles es que perforan la roca-caja de conglomerados y, aunque algunos tramos en el lado S están revestidos de hormigón, en su mayor parte aflora la roca desnuda. En las peñas cercanas existen también pequeñas cavidades naturales, abrigos y grietas, abiertas en los conglomerados. Por lo que podrían albergar fauna cavernícola. Esta impresión se vería reforzada al encontrar en la primera salida, en el interior de los túneles, un ejemplar de lirón (*Glis glis*), quirópteros (*Rhinolophus hipposideros*), araneidos y otros invertebrados, así como espeleotemas, pequeñas filtraciones de agua, tapices de microorganismos y restos orgánicos diversos (madera, hojarasca, guano de quirópteros). Por lo que efectuamos salidas posteriores para topografiar los túneles y estudiar su fauna.

CONTEXTO HISTÓRICO

Al término de la Guerra civil española (1936-39) se crearon por disposición del general Franco varias comisiones de fortificación en distintos sectores de los Pirineos. La Comisión de Fortificación de los Pirineos Occidentales fue creada para la defensa de este sector ante posibles incursiones de los ejércitos alemán o francés durante la Segunda Guerra mundial y también para actuar contra los grupos de maquis que aún frecuentaban parte del territorio pirenaico. Formaba parte de la misma el coronel de ingenieros José Vallespín, quien dirigió la construcción de los túneles de Arkale y otras obras próximas. Las primeras obras, iniciadas en 1939, fueron conocidas bajo la denominación de fortificación Vallespín y formaban parte de la "Organización Defensiva nº 2”.

Esta consistía en una serie de fortificaciones construidas en elevaciones cercanas a la frontera francesa. Comprendía cierto número de pequeñas fortificaciones destinadas a observar y controlar las principales vías de comunicación. Así encontramos pequeños bunkers aislados en Peñas de Aia, Erlaitz, Guadalupe, Askemportu (Irún), o incluso formando conjuntos comunicados subterráneamente (por ejemplo en Arkale y en Gaintxurizketa). Una visión global y detallada sobre esta red militar de defensa ha sido expuesta, entre otros, por Sáez García (2000, 2005, 2010), siendo Arkale una posición desde la que se coordinaba la red de fortines de la zona, junto a la frontera del Bidasoa.

El interior de las Peñas de Arkale albergó una de las mayores construcciones de la Organización Defensiva nº 2: el observatorio. Su construcción duró varios años, constando documentalmente que las obras estaban ya iniciada en 1940 y que en los años 1943-45 (bajo los planes de la “línea P”) seguían los trabajos; de hecho no llegó a ser terminado, pero puede considerarse como militarmente operativo, en cuanto su trazado fue excavado en su casi totalidad y parte de sus galerías revestidas de hormigón.

La mayor parte de las construcciones están ahora cegadas o parcialmente destruidas. En Arkale pueden verse por ejemplo los restos de una carretera militar inacabada, relacionada con la construcción de un fuerte perteneciente al Campo Atrincherado de Oiartzun. Tras la guerra del 36-39 se instaló un cuartel (artillería anticarro) en la falda del monte y también se construyeron algunos refugios, edificaciones para tropas, depósitos de municiones y bunquers. En concreto, partiendo de la citada carretera militar, existen dos bocas (una de las cuales tiene grabado el distintivo del arma de Ingenieros) que dan acceso a un curioso conjunto de túneles (zapas) excavados en la roca viva bajo el fuerte de Arkale, que permiten comunicar la inconclusa carretera (orientada hacia el valle de Oiartzun) con dos casamatas abiertas hacia la bahía de Txingudi y la carretera a Francia.

Una de ellas conserva su cierre de hormigón, dejando una abertura horizontal para observación o disparo de ametralladoras; la otra se presenta sin protección de hormigón, que pudo haber desaparecido con el paso del tiempo o, tal vez, se construyó así para permitir la instalación de una pieza de artillería. El acceso a las mismas tiene lugar de forma directa a través de uno de los túneles del lado Sur, que sigue una trayectoria ascendente gracias a varias decenas de escalones de hormigón que permiten salvar el desnivel existente entre la entrada y las casamatas. Aproximadamente en la mitad del recorrido se abre (a la izquierda) un corredor que dispone de varios pequeños ensanchamientos (depósito de municiones o albergue para tropa), desembocando en otro corredor correspondiente a la otra boca de acceso a los túneles de Arkale (Saéz García, 2010). Los pasillos interiores incluyen rampas, escaleras y algún cubículo. Presentan las paredes recubiertas de hormigón en varios tramos. Un escudo del cuerpo de ingenieros del ejército remata el arco de entrada de una de las galerías. En la salida norte del observatorio, uno de los puestos de observación está construido con hormigón, asemejando un bunker. La otra salida asemeja una cueva al carecer, tras su excavación, de los remates y estructuras militares necesarias. Los dos accesos del lado Sur se abren a 100-130 m al W del caserío Arkale zaharra y a 32 m en planta al S del castillo de Arkale. Sus coordenadas ETRS89 UTM30N son: N 4.796.222; E 593.670; altitud 226 m snm.

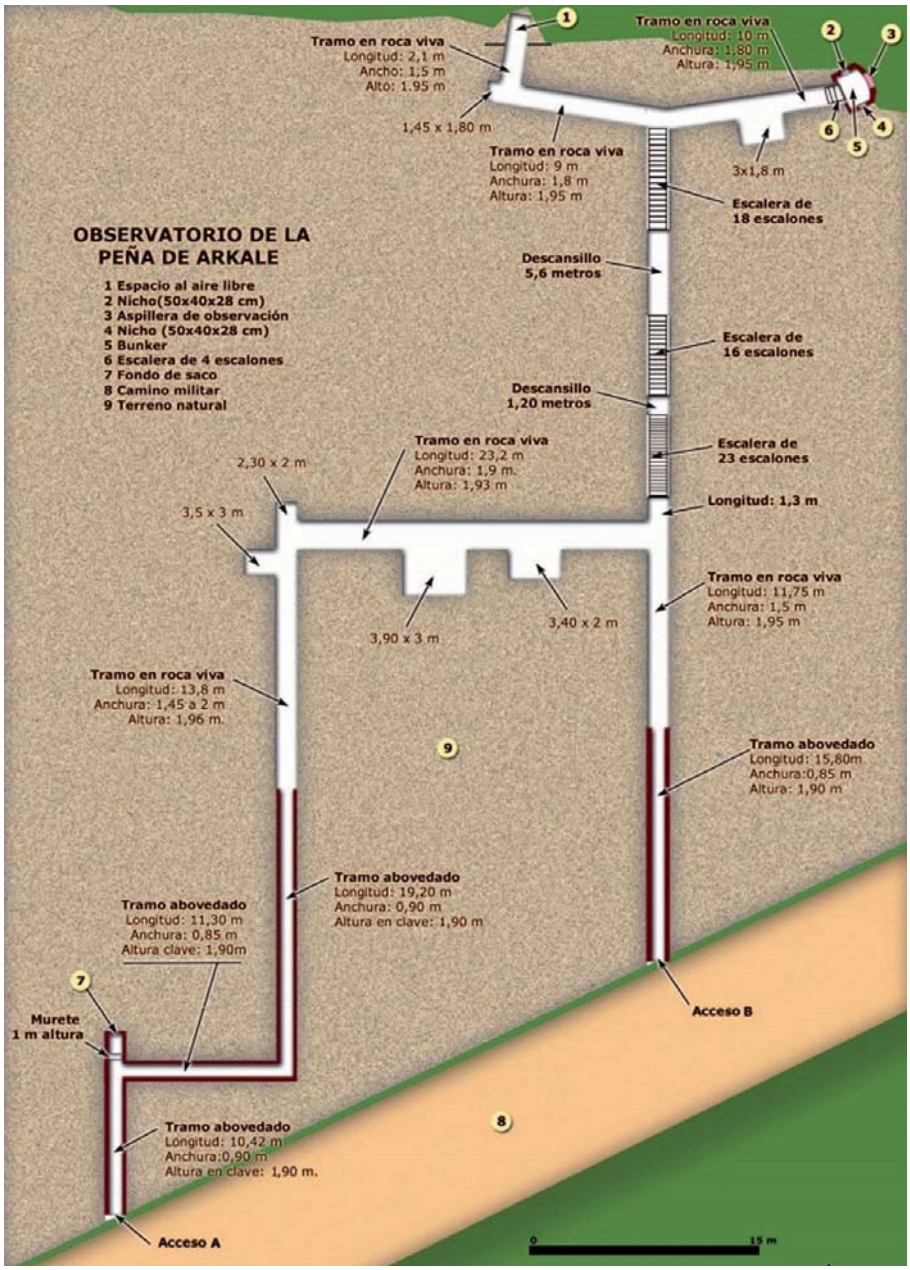
CONTEXTO GEOLÓGICO

Las rocas del afloramiento de Arkale, que perforan los túneles, son conglomerados de cantos rodados o guijarros cuarcíticos unidos por un cemento sílíceo. Estos conglomerados o pudingas son de origen fluvial y fueron depositados en las orillas de los ríos y en los bordes costeros del continente paleozoico hace 118 millones de años, en el período Albiense (Cretácico temprano), y forman parte del denominado Complejo arenoso supraurgoniano. La región es parte del anticlinorio Norte del Arco Plegado Vasco, extremo occidental de los Pirineos que se extiende sobre la plataforma continental del Mar Cantábrico hasta el Banco Le Danois, a 50 km al NW de Bilbao (Campos, 1979; Boillot & Malod, 1988; Rat, 1988; Galán, 1993).

Las secuencias corresponden a oscilaciones de bloques, primeramente levantados y posteriormente subsidentes. Durante el Albiense se produce una elevación de toda la región. Esta elevación afecta también a las tierras ya emergidas, provocando una importante erosión del continente y la sedimentación de los materiales generados por dicha erosión a lo largo de la costa, en un proceso muy similar al desarrollado a comienzos del Triásico.

El carácter transgresivo del Complejo supraurgoniano se hace más perceptible conforme nos aproximamos al Macizo de Cinco Villas. En su borde NW, los materiales detríticos supraurgonianos son de grano muy grueso y llegan a reposar discordantemente sobre el Paleozoico. Más al interior de la cuenca, las facies son de grano más fino, aunque persiste la naturaleza predominante detrítica; es de señalar el incremento en la proporción de cemento de precipitación química (Campos, 1979).

A lo largo de la línea costera del continente paleozoico se depositan en el valle de Oiartzun durante el Albiense nuevas series detríticas. Primero se sedimentan los materiales más gruesos (cantos rodados), que dan lugar a unos conglomerados semejantes a los triásicos, aunque de menor tamaño en sus guijarros y, por encima de ellos, areniscas blanquecinas. La serie detrítica culmina con la sedimentación de los materiales más finos que dan lugar a la formación de margas y arcillas de la misma coloración. Estas últimas rocas contienen frecuentes restos vegetales carbonizados, así como unos característicos organismos, las orbitolinas, pequeños foraminíferos cuya forma recuerda a las lentejas y que fueron parte integrante del plancton de la época. Toda esta serie detrítica perteneciente al Albiense (Cretácico temprano) constituye el denominado Complejo supraurgoniano, que suprayace a las calizas Urgonianas y a los términos del Jurásico y del Trías. La dureza de estos materiales (cantos de cuarzo y areniscas silíceas) ha permitido que algunos de sus estratos quedaran conservados, por erosión diferencial, como testigos, en las zonas más elevadas del valle de Oiartzun, formando pintorescos relieves como los de Urkabe, Arkale, Arruskularre o Egieder (Torres & Viera, 2013).



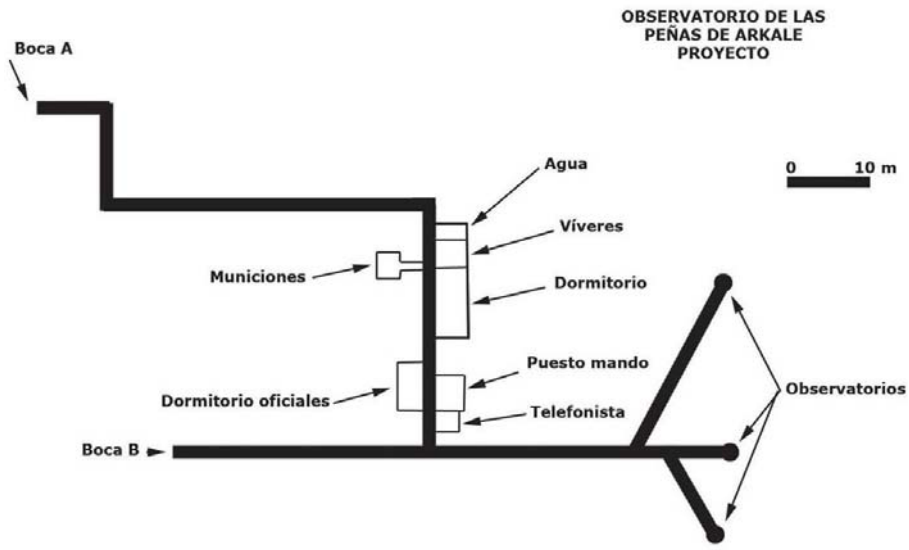


Figura 01. Planos del proyecto y construcción de los túneles de Arkale.
Fuente: Sáez García, 2010. La fortificación Vallespín en Guipúzcoa.

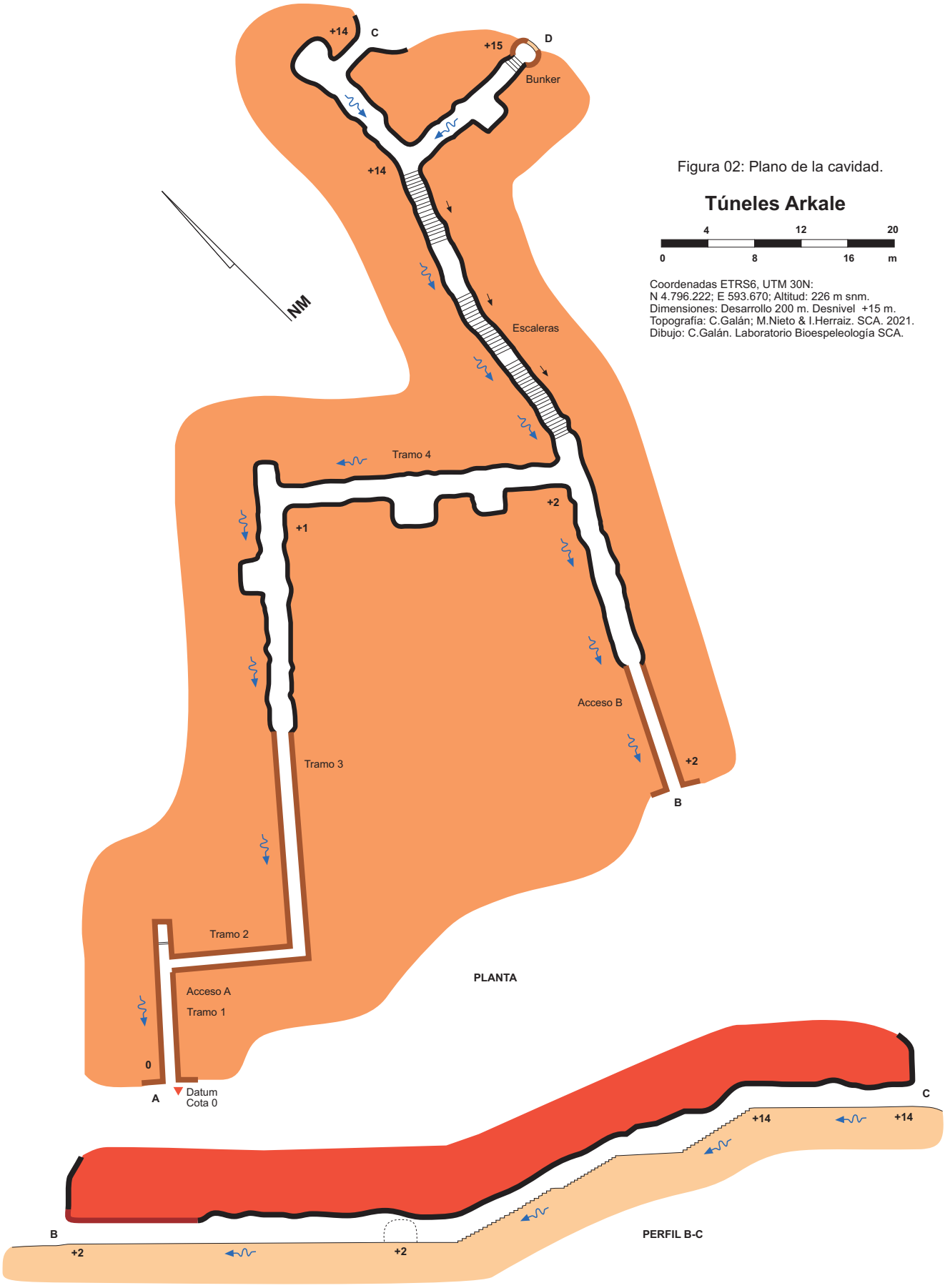


Figura 02: Plano de la cavidad.

Túneles Arkale

4 12 20

0 8 16 m

Coordenadas ETRS6, UTM 30N:
N 4.796.222; E 593.670; Altitud: 226 m snm.
Dimensiones: Desarrollo 200 m. Desnivel +15 m.
Topografía: C.Galán; M.Nieto & I.Herraiz. SCA. 2021.
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología SCA.

Figura 03. El arroyo Urkabe, que limita por el Sur el afloramiento de conglomerados, y riscos de Arkale.

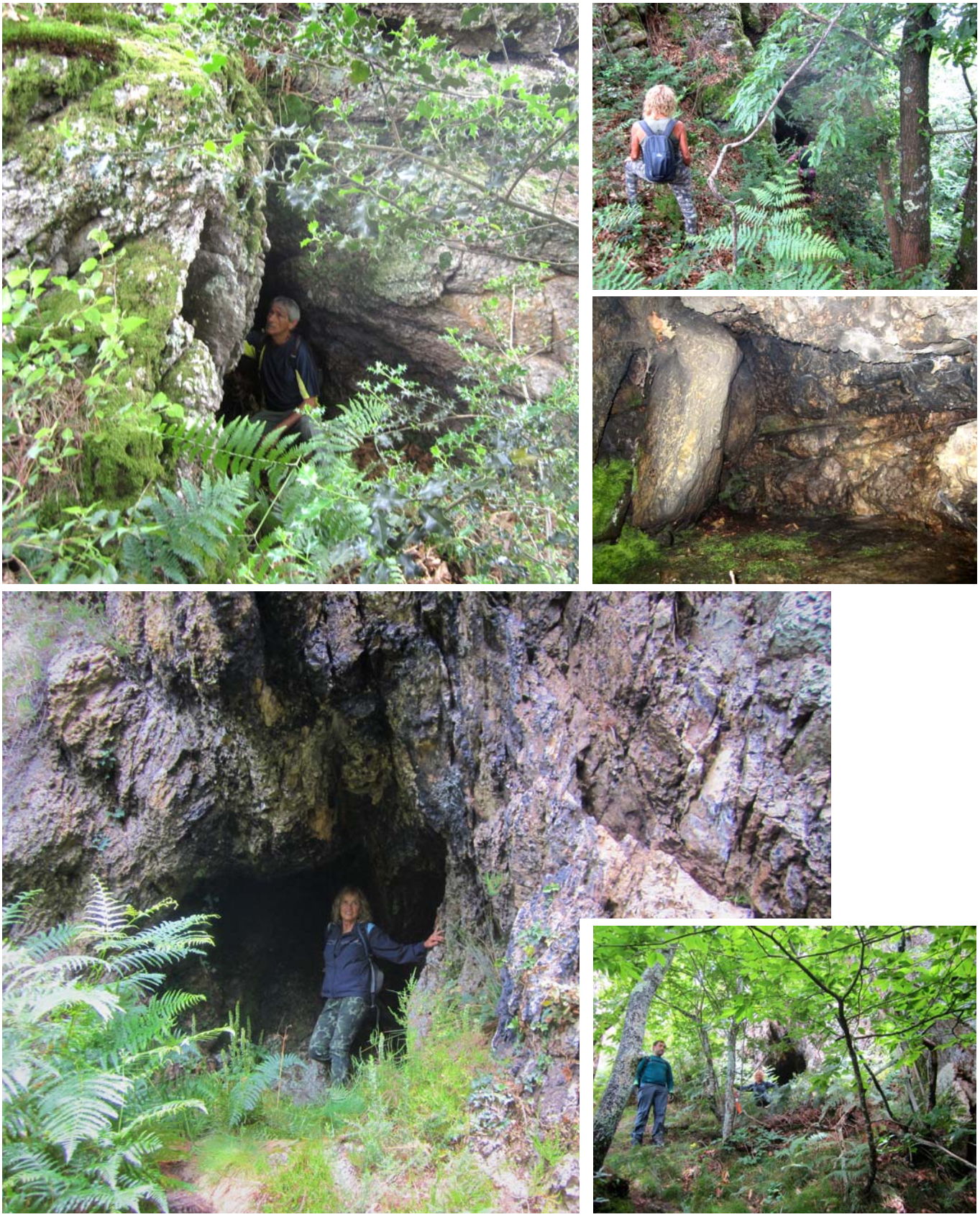


Figura 04. Pequeñas cavidades naturales, fracturas y mesocavernas en los conglomerados de Arkale.

Figura 05. La fortaleza o castillo de Arkale. Vista y acceso desde el W (arriba) y parte superior (debajo).

Figura 06. Diversos aspectos de la fortaleza de Arkale, con las Peñas de Aia al fondo.

Figura 07. Fortaleza de Arkale, sobre los conglomerados de la peña. Descenso por el lado Este.

Figura 08. Túneles de Arkale. Entrada B, con revestimiento de hormigón, y parte interna, de roca sin revestir.

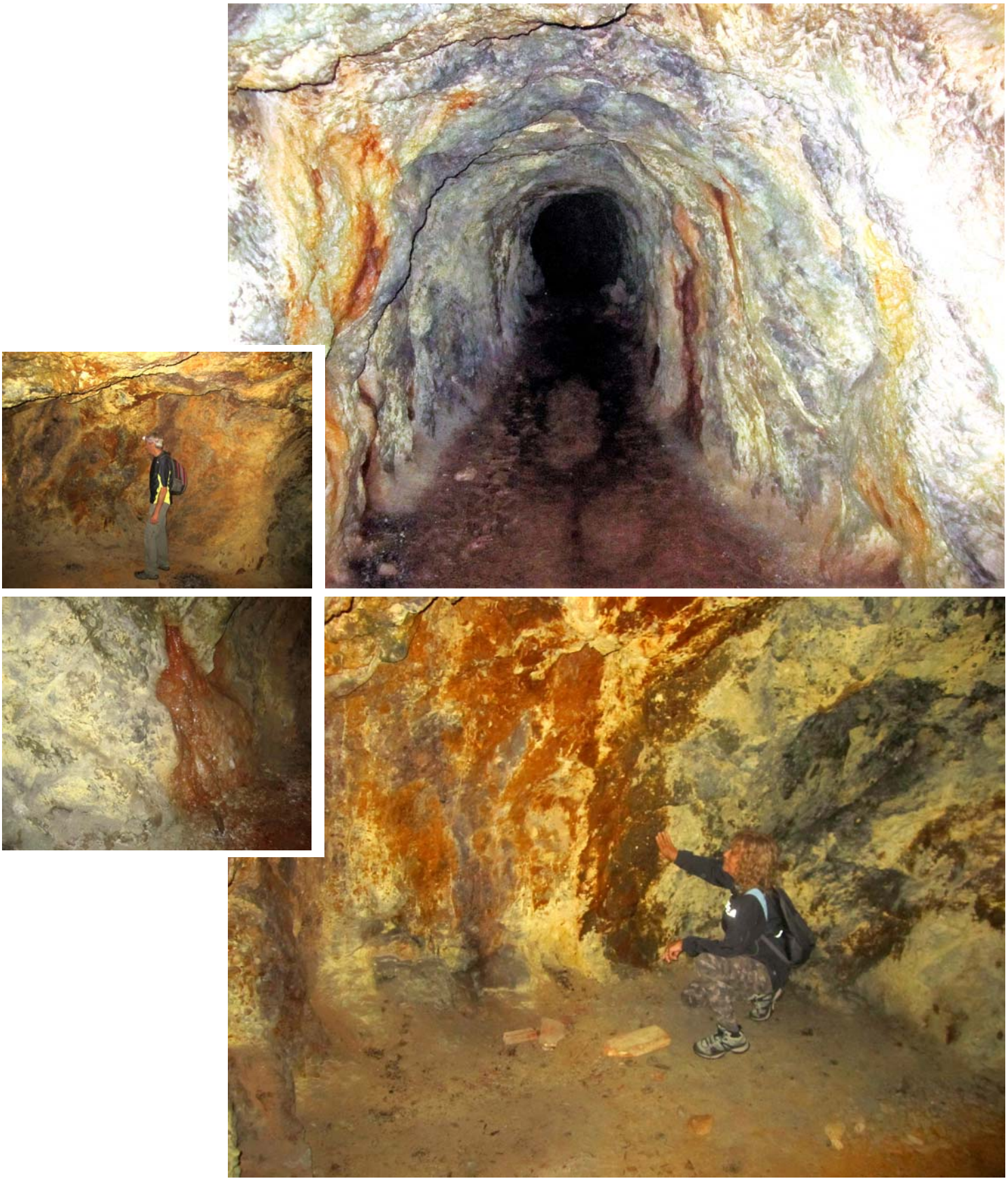


Figura 09. Galerías internas del acceso B. Roca de colores claros y espeleotemas de yeso e hidróxidos hierro.

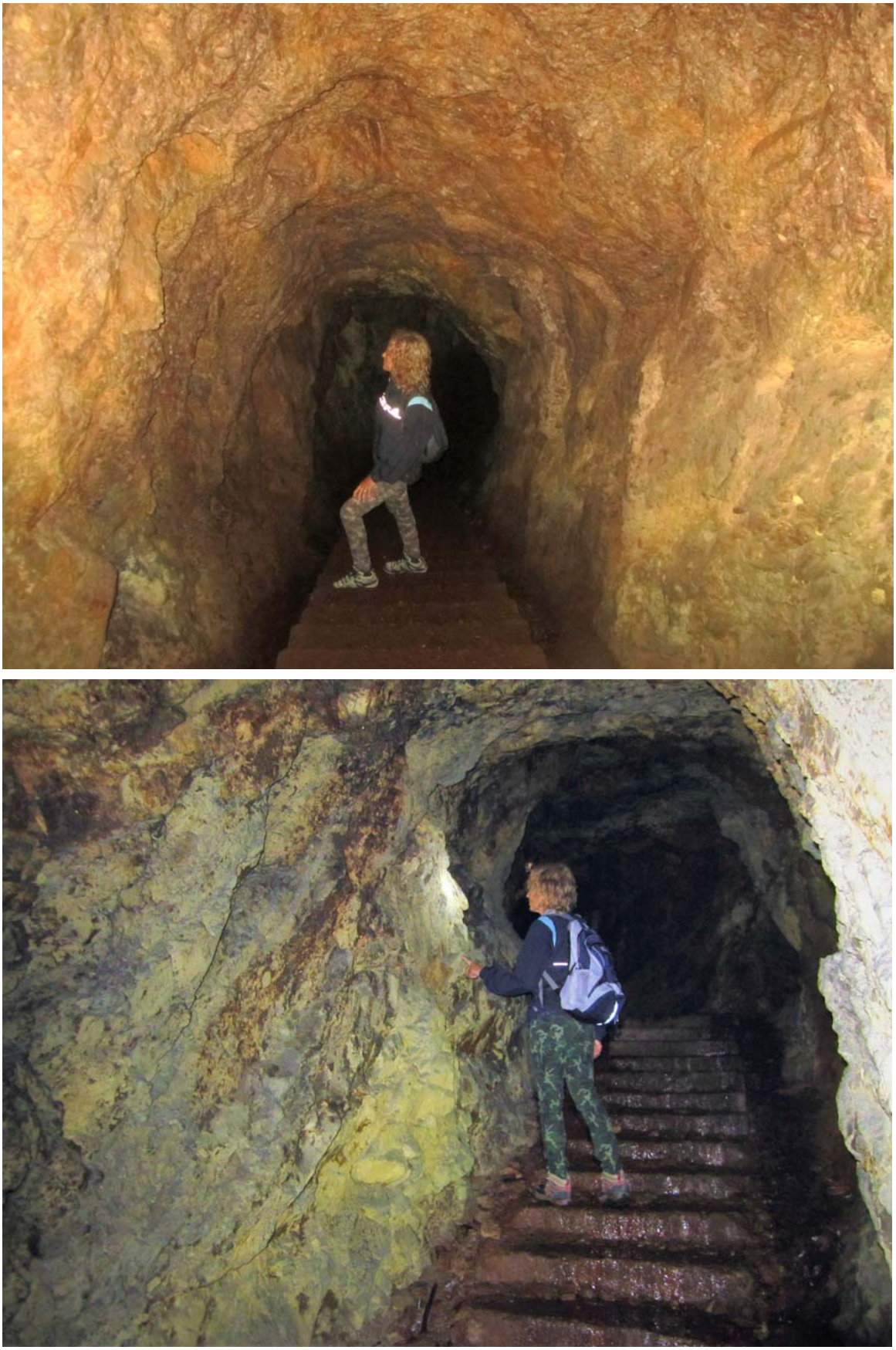


Figura 10. Túneles de Arkale. Tramos con escalones de acceso al bunker y observatorio Norte de la parte superior.

Figura 11. Galerías y nichos en el tramo Norte superior. Nótese la ocurrencia de delgados films de espeleotemas.

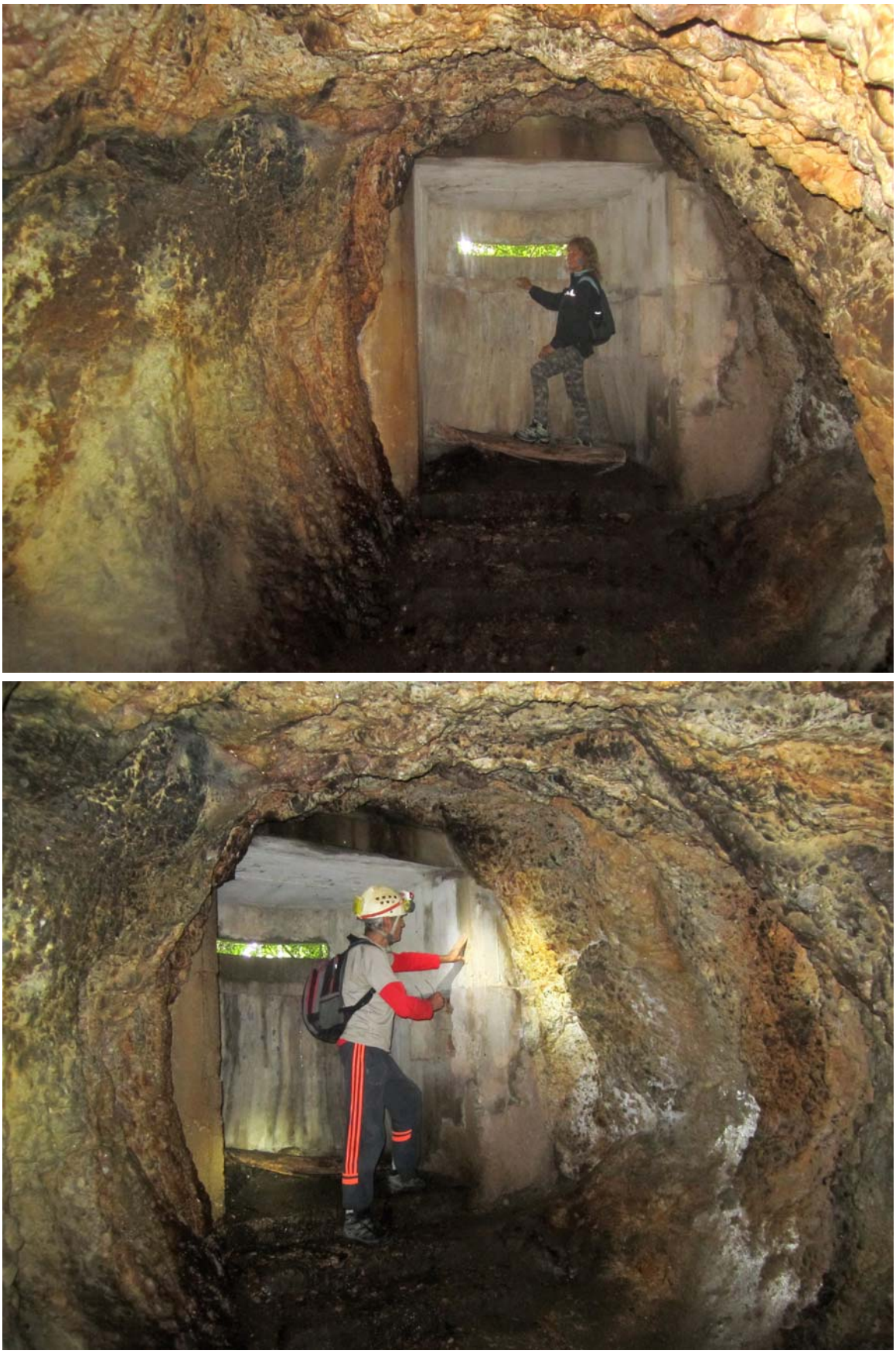


Figura 12. Galería de la casamata o bunker, con ranura horizontal para observación y disparo de ametralladora.

Estratigráficamente, el conjunto de la serie detrítica del Albiense en la zona de Oiartzun (serie Urkabe) comprende, de muro a techo, los siguientes términos: (1) 3 á 5 m de limos y arcillas amarillentas y rojizas con niveles carbonosos intercalados. (2) 50 m de secuencias de conglomerados de cantos cuarcíticos, de 2 á 5 cm de diámetro, cementados por arenisca silícea de color blanco, areniscas y arcillas de tonos blanquecinos, rosáceos y amarillentos. (3) 200 m de areniscas blancas en bancos gruesos, con estratificación cruzada, areniscas con limos amarillos y niveles conglomeráticos. (4) 100 m de areniscas blancas de grano fino, limos y arcillas bien estratificadas de colores amarillentos y con algunos restos vegetales carbonizados (Torres & Viera, 2013).

Petrológicamente los conglomerados formados durante el Albiense constituyen unas potentes pudingas de cantos rodados sensiblemente menores que los de los conglomerados triásicos, aunque con idéntica composición litológica (cuarzo y cuarcita). También proceden, como los anteriores, de la erosión de los materiales paleozoicos aflorados en la zona continental. El cemento que aglutina los cantos es de color amarillento y naturaleza silícea. En su composición se aprecian numerosas hojuelas de mica moscovita. Se diferencian de los triásicos por el tamaño de los clastos (de mayor tamaño los triásicos) y la distinta coloración del cemento que los aglutina (rojo en el caso del triásico y amarillento en el cretácico).

Las areniscas que suprayacen a los conglomerados de Arkale están formadas esencialmente por granos de cuarzo y chert de tamaño arena media, bien redondeados y seleccionados. Están cementadas por sílice de crecimiento secundario; hacia la parte alta el tamaño de grano disminuye y va aumentando progresivamente la proporción de matriz micáceo-arcillosa. Más arriba y por mediación de un tramo de limos y areniscas de grano fino, alternantes, se pasa a una sucesión de limos y arcillas bien estratificadas, de colores amarillentos, con lo que termina la sucesión Supraurgoniana (Campos, 1979; Torres & Viera, 2013). El interior de los túneles de Arkale atraviesa un espesor observable de 65 m de conglomerados y microconglomerados de cantos silíceos aglutinados por un cemento de color amarillento o blanco, también silíceo y con abundancia de mica blanca o moscovita, rica en potasio y aluminio.

DESCRIPCIÓN DE LOS TÚNELES

Debajo del castillo de Arkale hay un bunker conectado con túneles que atraviesan las peñas de lado a lado, con 200 m de desarrollo de galerías subterráneas y -15 m de desnivel. Los planos de la Figura 01 corresponden al proyecto de construcción del denominado Observatorio de las peñas de Arkale, indicando sus dimensiones, trazado y probable uso de los distintos espacios o dependencias. La tercera rama del observatorio no llegó a ser construida al igual que varios de los huecos destinados a dormitorio, puesto de mando y telefonista. Nuestra topografía muestra las galerías realmente existentes, que difieren ligeramente del proyecto original. En la descripción seguimos esencialmente a Sáez Garcia (2010), con las modificaciones observadas en campo (Ver plano actual en la Figura 02).

El proyecto contemplaba dos bocas de acceso (A y B) que comunicaban los extremos de una galería destinada a albergar diversas dependencias: depósito de municiones, dormitorio de oficiales, depósito de agua, almacén de víveres, dormitorio de tropa, puesto de mando y central telefónica. La boca B comunicaba directamente con las escaleras que subían hacia tres puestos de observación. El acceso A es una bocamina que se abre en el talud luciendo en su parte superior un relieve con el símbolo del Arma de Ingenieros. Los primeros tramos están revestidos de hormigón, con luz de 90 cm y espesores aproximados que varían entre 50 cm en los estribos y 70 cm en la clave. El primer tramo tiene una longitud de 10 m, terminando en un fondo de saco de 4 m que actualmente tiene un murete de 1 m de altura. El segundo tramo es de características similares y perpendicular al primero, teniendo una longitud de 12 m. El tercer tramo, perpendicular al segundo, tiene una longitud total de 40 m, de los cuales 20 están revestidos de hormigón formando bóveda, mientras que el resto está sin revestir, siendo más ancho y alto. Presenta a la vista la roca-caja fruto de una excavación tosca e irregular. Cerca del final del tramo posee un espacio excavado de 3,5 x 3 m y otro al final de la galería en fondo de saco de 2,3 x 2 m.

El cuarto tramo, perpendicular al tercero (o de unión entre las dos bocaminas), presenta una longitud de 26 m, totalmente sin revestir y de mayor anchura (1,9 m de media) que el anterior. Incorpora dos estancias de 4 x 3 m y de 3,4 x 2 m que, según el proyecto, albergarían un depósito de municiones y un dormitorio para oficiales. Este tramo desemboca en el acceso B.

El acceso B es otra bocamina similar a la primera. El primer tramo de galería tiene una longitud de 28,5 m. Su primer sector es abovedado, disponiendo de una luz de 0,85 m, mientras que el segundo se presenta excavado en roca viva con una anchura media de 1,5 m. En su extremo final se une a la primera galería ya descrita. Tras la unión prosigue un nuevo tramo sin revestir, con 5 m horizontales y luego caracterizado por ser ascendente a lo largo de 28 m, mediante un total de 57 escalones, divididos en tres tramos de 23, 16 y 18 escalones, separados por dos descansillos de 1,2 y 5,6 m de longitud, respectivamente. Las escaleras y descansillos son de hormigón, con canales laterales de drenaje.

Al finalizar las escaleras se bifurca en dos ramales llanos, también sin revestir. El derecho, de 13 m, termina en una abertura al exterior emboquillada mediante un tambor de hormigón dotado de una aspillera de observación horizontal y de dos nichos de 50 cm para depósito de pequeños enseres. Para acceder a esta última zona hay que salvar cuatro escalones. El ramal izquierdo, tras 10 m de recorrido, conduce a otra abertura de observación, con la diferencia de que ésta no dispone de emboquillado, bien porque lo ha perdido, bien porque no fue construido.

La descripción de la obra corresponde al estado actual de la misma, coincidiendo, en parte, con el proyecto original. La principal diferencia es la existencia de dos observatorios, en lugar de tres, faltando también el revestimiento de gran parte de las galerías y la

formación de las diversas dependencias consignadas en el proyecto, parte de las cuales fueron excavadas en la roca (Sáez García, 2010: la fortificación Vallespín en Guipúzcoa; corregido con la topografía de precisión del presente trabajo).

El conjunto de galerías suma 185,7 m de desarrollo y sumando las pequeñas estancias laterales alcanza un total de 201,7 m. Casi todo el trazado es horizontal (con sólo un ligero declive en algunos tramos), salvo los tramos de escaleras (de 20 á 27º de inclinación. El desnivel total es de -15 m. Ver plano en Figura 02 y detalles de las galerías y su entorno en Figuras 03 á 20.

A lo largo de los túneles hay pequeñas filtraciones de agua, con suelos encharcados con varios cms de agua, zonas secas y zonas de leve flujo donde la pendiente es más acentuada, especialmente en los tramos de escaleras. En los accesos del lado Sur (A y B) hay 58 m de bocaminas (galerías con sección en U invertida) revestidas de hormigón, mientras que el resto, de 144 m de galerías más amplias está excavado en la roca-caja de conglomerados. Los suelos poseen un pequeño espesor de materiales arcillosos y guijarros, así como algunos fragmentos de ladrillos, restos de madera y hojarasca.

En los tramos de hormigón hay en algunos puntos pequeñas estalactitas isotubulares y delgadas coladas blancas de calcita. Pero en la mayor parte de las galerías predominan delgados recubrimientos de espeleotemas amarillentas y blancas, constituidas por yeso y sulfuros, así como otras formando manchas ocres y rojizas compuestas por oxi-hidróxidos de hierro. Los análisis DRX de las muestras tomadas dan muchos compuestos amorfos, detectándose la presencia de yeso, ópalo CT, hematita, goethita y algunas trazas de hemimorfita. Pero es difícil discriminar a qué minerales corresponden las distintas coloraciones observadas en campo. En las galerías predominan extensas zonas con débiles recubrimientos blancos y amarillentos que también pueden corresponder al cemento que aglutina a los cantos de cuarzo de los conglomerados, ricos en silicatos.

Adicionalmente hay recubrimientos blancos y ocres que corresponden a biofilms de bacterias y cerca de la boca B a finos recubrimientos azulados o morados de cyanobacterias en zona de acentuada penumbra e inicio de zona oscura.

BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

Las prospecciones efectuadas en los túneles de Arkale, mediante observaciones detalladas y capturas directas, permitieron encontrar e identificar un total de 20 taxa variablemente cavernícolas, 9 de ellos troglóxenos y 11 troglófilos (ver Tabla 1).

Destaca en primer lugar la presencia de vertebrados. En la primera salida encontramos un ejemplar de lirón gris (*Glis glis*) en el murete del fondo del acceso A, a 12 m de la entrada. Esta especie, arborícola y propia del hayedo, eventualmente se refugia en oquedades de la roca y penetra en cuevas y galerías subterráneas.

También encontramos en la primera salida un ejemplar del murciélago pequeño de herradura (*Rhinolophus hipposideros*) y, en la segunda salida, otro ejemplar del murciélago de borde claro (*Pipistrellus kuhli*). Esta última especie raramente es encontrada en cuevas (Galán, 1993, 1997). A lo largo de las galerías se encuentran más de una docena de pequeñas acumulaciones de guano de quirópteros. Algunas de ellas contienen muchos restos dispersos de élitros y pronotos de coleópteros (Carabidae, Scarabaeidae y Latridiidae, entre otros), algunos de ellos de talla grande, por lo que suponemos que también pueden frecuentar los túneles ejemplares del murciélago grande de herradura (*Rhinolophus ferrumequinum*) y/u otras especies de Vespertilionidae, en época invernal o como refugio ocasional. Desde luego, las especies de *Rhinolophus* son de costumbres muy cavernícolas, siendo las más frecuentes y abundantes en cavidades (cuevas y minas) de la región (Galán, 1997, 2021, Galán et al, 2014).

Los moluscos están representados por el gasterópodo terrestre *Oxychilus draparnaudi* (Beck) (Zonitidae), especie troglófila de hábitos marcadamente cavernícolas; es una forma omnívora que eventualmente preda sobre otros pequeños invertebrados.

Los araneidos están representados por otras dos especies comunes en cuevas de la región: *Meta menardi* (Latreille) y *Metellina meriane* (Scopoli), ambas de la familia Tetragnathidae. Estas especies son formas troglófilas que predan sobre otros representantes de la asociación parietal y zona de entrada de las cuevas, especialmente dípteros. En muchos puntos se encuentran telas de caza de estas arañas y sus puestas de huevos o cocons, colgando como bolitas de algodón de delgados hilos.

Los opiliones comprenden dos especies troglófilas, de dos familias distintas: *Leiobonum rotumdum* Latreille (Sclerosomatidae) y *Peltonychia clavigera navarrensis* (Simon) (Travuniidae). La primera resultaba muy abundante en las zonas revestidas de hormigón del acceso A, mientras que la segunda fue hallada en el sector central de los túneles sin revestir. Ambas son de hábitos alimentarios micrófagos omnívoros. *P. clavigera navarrensis e*s una especie de pequeña talla (2 mm), perteneciente a una familia de opiliones (Travuniidae) de antiguo origen, relicta de una fauna de tipo tropical que pobló Europa durante el Terciario; fue descrita de la Cueva de Bétharram (Pau, Francia) y fue hallada posteriormente en cuevas, MSS, y enclaves húmedos de la región, entre ellos en cavidades en conglomerados del Trías en Mandoegi (cuenca del río Leizarán) (Galán & Nieto, 2011).

Los isópodos terrestres están representados por la especie *Oniscus asellus* (Oniscidae), forma troglófila, detritívora, muy común en cuevas de la región (tanto en calizas como en las areniscas de Jaizkibel) y presente también en enclaves húmedos de superficie, bajo piedras y hojarasca. En los túneles de Arkale es muy abundante.

Los diplópodos comprenden dos especies. La especie troglóxena *Glomeris marginata* (Villers) (Glomeridae), posee capacidad de volvación (se enrrolla como una bolita), es de hábitos detritívoros y talla grande (12 mm). Está especie fue encontrada recientemente en los túneles en arenisca de Costa Txiki (Formación Jaizkibel) (Galán et al, 2021). La segunda especie, *Blaniulus döllfusi* Bröleman (Blaniulidae), es una forma troglófila, depigmentada (de color blanco) y 7-10 mm de talla.

La familia *Blaniulidae* posee numerosas formas troglobias de antiguo origen, particularmente bien representadas por el género *Typhloblaniulus,* que domina entre los diplópodos de los karsts pirenaicos; este género no alcanza a Guipuzkoa, pero sí llega a la

parte más oriental del País Vasco francés y a la región de Orbaiceta (Navarra). Afín al género anterior es la interesante especie troglobia *Vascoblaniulus cabidochei,* endémica de la Sima de San Martín (Navarra-Zuberoa). En Guipuzkoa la familia Blaniulidae sólo está representada por la especie troglófila *Blaniulus dollfusi,* hallada previamente en las cuevas de Aitzbitarte y en la región de Orbaiceta. Es una forma de hábitos detritívoros y fue hallada en los túneles de Arkale entre hojarasca y rellenos orgánicos.

Los quilópodos están representados por la especie troglófila *Lithobius validus vasconicus* Chalande (Lihobiidae). Es un activo depredador, de talla grande, oculado y de color rojizo. En los túneles fueron encontrados ejemplares tanto adultos (de hasta 35 mm de talla) como juveniles (de 10 mm), por lo que resulta obvio que se reproduce en la cavidad, ocupando el vértice superior de la cadena trófica.

Los dípteros comprenden tres especies, comunes en cuevas de la región: *Limonia nubeculosa* Meigen (Limoniidae), *Hypocera flavimana* (Meigen) (Phoridae), y *Rhymossia fenestralis* Meigen (Mycetophilidae). Las dos primeras son formas troglóxenas, que se refugian en el verano en cuevas, mientras que la última es sub-troglófila, se reproduce en la cavidad, y genera larvas carnívoras que dan caza a ácaros y otros invertebrados minúsculos. *H.flavimana* es en cambio de hábitos fundamentalmente fungívoros.

Los himenópteros están representados por una especie pequeña de hormiga negra, *Lasius niger* L. (Formicidae), recientemente hallada también en túneles en la arenisca de Jaizkibel (Galán et al, 2021). Esta especie, de 2-3 mm de talla, es común en hábitats de superficie. Se alimenta de pulgones, pequeños artrópodos y restos vegetales. Hallada en zona oscura, su orientación se basa en sentidos químicos (uso de feromonas y marcas químicas) y táctiles (tienen además la capacidad de memorizar sus recorridos). Sus reportes en cuevas son raros.

Los coleópteros comprenden tres especies en tres familias distintas: *Hydrocyphon deflexicollis* (Müller) (Scirtidae), *Quedius mesomelinus* (Marsham) (Staphylinidae), y *Catops ventricosus* (Weise) (Leiodidae: Catopinae). Las dos primeras troglóxenas y la última troglófila.

Hydrocyphon deflexicollis es la única especie acuática encontrada en los túneles. De 2 mm de talla, color marrón oscuro, densamente pubescente y habitus parecido a los Dytiscidae, pertenece a una familia distinta, Scirtidae, incluida en el suborden Polyphaga. La especie, de distribución europea, no era conocida de la península Ibérica, hasta su hallazgo en el río Oiartzun y sus afluentes (arroyos Arditurri e Intzensoro), en el parque natural de Aiako harria (Peñas de Aia), en la zona limítrofe de los Pirineos Occidentales (Vorst, 2013; Balfour-Browne Club, 2013). En realidad es una especie semi-acuática, siendo acuáticos sólo sus estadios preimaginales, mientras que los adultos son principalmente terrestres y deambulan entre la grava húmeda, o en el fondo de pequeños charcos, para poner sus huevos allí; al levantar piedras del cauce en busca de larvas y otros artrópodos acuáticos, en la cara inferior de las mismas encontramos escarabajos que, descubiertos, salen a la superficie, envueltos cada uno de ellos en una burbuja. Su capa de pelitos es bastante impermeable a la humedad y flotan de forma segura en la superficie. Sus cuerpos son anchos, con patas cortas, pronotos estrechos y cabezas pequeñas con antenas filiformes. La especie es rara y en otras localidades de Europa se la ha encontrado debajo de la corteza de sauces, alrededor de ellos, o debajo de piedras en la orilla de arroyos y ríos, cerca de donde pupan las larvas acuáticas. En los túneles de Arkale encontramos adultos y larvas acuáticas entre guijarros y en charcas de escaso fondo, en zona oscura sin revestimiento de hormigón del acceso B y base de las escaleras.

Quedius mesomelinus es un estafilínido de color negro que alcanza 8-10 mm de talla. Es una especie cosmopolita, de hábitos fluidófagos (se alimenta ingiriendo fluidos de otras especies, animales o vegetales), o depredador. Es una especie xilodetritícola ubiquista, que puede vivir tanto en oquedades de árboles viejos y nidos de micromamíferos, como en hojarasca y lugares oscuros como los medios troglobios (Coiffait, 1978; Outerelo et al, 2016). Según Pérez-Moreno & Moreno Grijalba (2009) es depredador. En los túneles lo encontramos entre los depósitos de guano de quirópteros y bajo piedras y restos leñosos con mohos, donde debe predar sobre otros micro-artrópodos.

Catops ventricosus pertenece a la subfamilia Catopinae, constituida principalmente por formas de hábitos saprófagos. Muchas de las especies de esta subfamilia son lucífugas, foleófilas (habitan en las madrigueras de pequeños mamíferos y en nidos de aves, aprovechando los restos de alimentos y otros residuos) y frecuentan también la hojarasca, detritus vegetales y cavidades subterráneas. En general, alternan en su ciclo un período epígeo y otro hipógeo (Deleurance,1959). Algunas especies entran durante el verano a cuevas, donde construyen una celda en la arcilla, en la cual pasan una diapausa de varios meses; el resto de su ciclo puede ocurrir dentro o fuera de las cuevas. Los *Catops* son muy sensibles a los cambios de temperatura y humedad, y de tendencias muy higrófilas, por lo que es común encontrarlos en cuevas. *Catops ventricosus* posee una amplia distribución europea y ha sido hallada en cavidades guipuzcoanas en un macizo kárstico de Astigarraga, aunque es frecuente en todo el N peninsular. Es una especie troglófila, oculada, de color marrón y pequeña talla (2 mm). De hábitos detritívoros, en los túneles ha sido hallada en la parte central, cerca de restos orgánicos, hojarasca y madera muerta.

Resulta llamativa la ocurrencia de mohos blancos tanto sobre guano de quirópteros como sobre restos de madera y fragmentos de ladrillos, que deben haber sido parte de la mampostería que delimitaba algunas estancias. También encontramos en un sector de la parte central de los túneles, sobre ramas de árbol, crecimientos de pequeños hongos blancos en forma de bastoncitos, de 4 mm y, junto a ellos, otros hongos irregulares milimétricos, en forma de estrella y color naranja, cuya morfología recuerda o es afín a la de *Aseroë rubra* Labill (hongo-estrella basidiomyceto de la familia Phallaceae), especie originaria de Australia, que se ha dispersado por zonas templadas de Europa desde hace 200 años debido a la exportación de plantas exóticas y suelos con esporas de este hongo, que luego ha pasado a ambientes de bosque húmedo, donde crece sobre detritos leñosos. Bien se trate de esta especie o de otra afín (aspecto que requiere confirmación), en los túneles se presenta en zona oscura, hasta donde deben haber llegado sus esporas procedentes del bosque exterior. Un extraño viaje en el tiempo y espacio, desde el otro lado del mundo hasta Arkale.

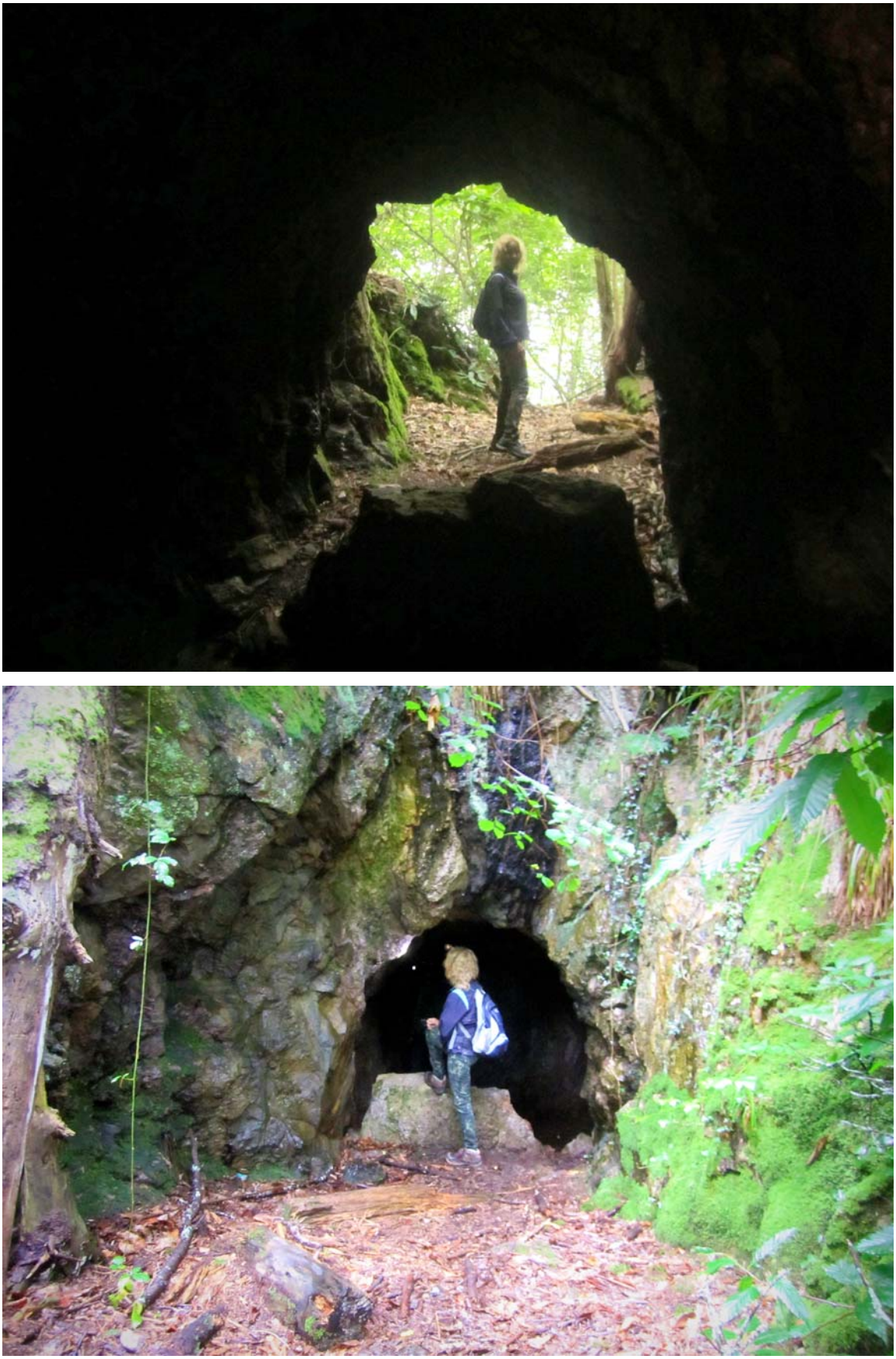


Figura 13. Galería y boca al W del bunker, sin revestir, para observatorio o instalación de una pieza de artillería.

Figura 14. Sector central de los túneles, con films de espeleotemas de hidróxidos de hierro, yeso, ópalo CT y sulfuros.

Figura 15. Tramo central, de colores claros, donde es difícil discriminar entre el cemento que aglutina los cantos de los conglomerados y los recubrimientos de espeleotemas.

Figura 16. Detalle de espeleotemas en las que se ha identifidado hematita, goethita, ópalo CT, yeso y hemimorfita.

Figura 17. El acceso A (con el escudo del arma de Ingenieros), ejemplar de lirón (*Glis glis*), y espeleotemas de calcita y oxi-hidróxidos de hierro.

Figura 18. Diversos aspectos de los túneles de Arkale, con espeleotemas de distintos colores y tapices bacteriales.

Figura 19. Gama de coloraciones en los túneles de Arkale y pequeñas acumulaciones de guano de quirópteros.

Figura 20. En las paredes de los túneles se aprecia el conglomerado de cantos de cuarzo con cemento silíceo y recubrimientos delgados de espeleotemas, principalmente de yeso, sulfuros y oxi-hidróxidos de hierro.

En suma, los túneles contienen un conjunto de seres vivos, variablemente cavernícolas, pero que incluye al menos 11 especies de invertebrados troglófilos. Probablemente, los restos de materia vegetal, micelios de hongos, guano de quirópteros, films bacteriales y troglóxenos que penetran profundamente en la zona oscura (como diversos dípteros), sirven de alimento a los taxa detritívoros (isópodos, diplópodos, coleópteros), los cuales a su vez son presa de araneidos y quilópodos depredadores.

Un listado de las especies halladas en los túneles, con indicación de su categoría ecológica, es presentado en la Tabla 1. Es probable que en otras épocas del año se puedan encontrar taxa adicionales.

En general se trata de formas cavernícolas poco especializadas, capaces de frecuentar o completar su ciclo de vida en el medio hipógeo, pero que también pueden habitar en medios transicionales, tales como el MSS en coluviones de ladera o el medio hemiedáfico (Ver: Galán 1993). Algunas de estas especies han sido halladas también en cavidades en arenisca de Jaizkibel, en conglomerados Triásicos, en minas en terrenos Paleozoicos y en el MSS en la zona Norte de Gipuzkoa.

Tabla 1. Lista de las especies cavernícolas identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 20 taxa.

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Mollusca	Zonitidae	*Oxychillus draparnaudi* (Beck)	Troglófilo
Opiliones	Travuniidae	*Peltonychia clavigera navarrensis* (Simon)	Troglófilo
Opiliones	Sclerosomatidae	*Leiobonum rotumdum* Latreille	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	*Meta menardi* (Latreille)	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	*Metellina merianae* (Scopoli)	Troglófilo
Araneida	Agelenidae	*Eratigena (Tegenaria) inermis* Simon	Troglófilo
Crustacea Isopoda	Oniscidae	*Oniscus asellus* Linnaeus	Troglófilo
Diplopoda	Glomeridae	*Glomeris marginata* (Villers)	Troglóxeno
Diplopoda	Blaniulidae	*Blaniulus döllfusi* Bröleman	Troglófilo
Chilopoda	Lithobiidae	*Lithobius validus vasconicus* Chalande	Troglófilo
Diptera	Limoniidae	*Limonia nubeculosa* Meigen	Troglóxeno
Diptera	Mycetophilidae	*Rhymossia fenestralis* Meigen	Troglófilo
Diptera	Phoridae	*Hypocera flavimana* (Meigen)	Troglóxeno
Coleoptera	Scirtidae	*Hydrocyphon deflexicollis* (Müller)	Troglóxeno
Coleoptera	Leiodidae Catopinae	*Catops ventricosus* (Weise)	Troglófilo
Coleoptera	Staphylinidae	*Quedius (Microsaurus) mesomelinus* (Marsham)	Troglóxeno
Hymenoptera	Formicidae	*Lasius niger* Linneo	Troglóxeno
Chiroptera	Rhinolophidae	*Rhinolophus hipposideros* (Bechstein)	Troglóxeno
Chiroptera	Vespertilionidae	*Pipistrellus kuhlii* (Kuhl)	Troglóxeno
Rodentia	Gliridae	*Glis glis* (Linnaeus)	Troglóxeno

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los túneles descritos contienen 200 m de galerías subterráneas, excavadas en un afloramiento de conglomerados de cantos cuarcíticos cementados por arenisca silícea, de edad Albiense (Cretácico temprano). En el afloramiento rocoso hay también pequeñas cavidades naturales, fisuras y mesocavernas.

Con el paso del tiempo, en un lapso de 80 años, la incesante actividad hídrica ha actuado sobre las fracturas y microfisuras de la roca, ampliando conductos, que a su vez incrementan la infiltración, estando hoy toda la red de túneles recorrida por pequeñas filtraciones y láminas de agua. Esto, unido a la presencia de poblaciones bacteriales, ha producido la formación de espeleotemas y depósitos sedimentarios. Las aguas aportan también C y N orgánicos, así como microfauna, procedente de los suelos de superficie, y, junto a restos vegetales y excretas de animales, van creando un ambiente hipógeo (oscuro, isotérmino y de alta humedad) que progresivamente va siendo colonizado por animales cavernícolas, en sucesiones con múltiples interacciones cruzadas.

Posiblemente muchas de estas especies ya habitaban en la red de fracturas y pequeñas cavidades del afloramiento rocoso. Otras han ingresado a través de las bocas de los túneles, procedentes del medio edáfico y del MSS del bosque adyacente. El ingreso de invertebrados troglóxenos y quirópteros aporta progresivamente nuevos recursos tróficos al ecosistema hipógeo, y aumenta la complejidad de su trama. Incluso algunas especies acuáticas (como los coleópteros Scirtidae) remontan los cursos de agua hasta sus cabeceras para alcanzar los túneles, mientras otras especies ponen sus huevos y generan larvas acuáticas (especialmente dípteros, pero posiblemente también otros insectos) que pasan a formar parte del sistema. Una suma de procesos de colonización progresiva que van haciendo de los túneles un medio cada vez más parecido al de las cuevas naturales.

Desde un punto de vista biológico, destaca la frecuentación de las cavidades por quirópteros, especies saprófagas y especies oportunistas, de marcadas tendencias higrófilas y oscurícolas. Es también curioso que varias de las especies que habitan los túneles han sido halladas igualmente en cavidades y túneles en las areniscas de Jaizkibel, en afloramientos de conglomerados Triásicos, en minas en cercanos terrenos Paleozoicos, y/o en el MSS y el medio hemiedáfico de la región. No obstante, están faltando formas cavernícolas más especializadas y especies troglobias, probablemente debido al escaso tiempo transcurrido desde la excavación y abandono de los túneles.

Cabe señalar la presencia en estos túneles de especies que raramente encontramos en cuevas (como algunos coleópteros, diplópodos, y roedores Gliridae) o la presencia del coleóptero acuático *Hydrocyphon deflexicollis* (Scirtidae) en el ambiente hipógeo (especie europea hallada hace poco en los cursos de agua epígeos de la cuenca del río Oiartzun). En todo caso, las galerías artificiales muestran que pueden ser pobladas, progresivamente, por diversos elencos de especies de hábitos variablemente cavernícolas y endógeos.

Los datos obtenidos refuerzan la idea de que los ambientes subterráneos de antiguas minas, túneles y cavidades artificiales, en distintas litologías, pueden albergar múltiples rasgos de interés científico en Biología Subterránea y Karstología.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros y colaboradores del Departamento de Espeleología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi que nos acompañaron en los trabajos de campo: Marian Nieto, Iñigo Herraiz y Garbiñe Albisu. A dos revisores de Biosphere Consultancies (United Kingdom) y Sociedad de Ciencias Aranzadi (País Vasco) por sus correcciones y útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

Balfour-Browne Club (The). 2013. Los coleópteros acuáticos de Gipuzkoa (Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae, Dryopidae, Dytiscidae, Elmidae, Gyrinidae, Haliplidae, Helophoridae, Hydraenidae, Hydrochidae, Hydrophilidae, Noteridae, Psephenidae, Scirtidae). Heteropterus Rev. Entomol, 13 (2): 127-145.

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.

Coiffait, H. 1978. Coléoptères Staphylinides de la región paléartique occidentale III. Sous famille Staphylininae, Tribu Quediini. Sous famille Paederinae, Tribu Pinophiilini. Nouvelle Revue d'Entomologie, 8(4). Supplément, 1-364.

Deleurance, S. 1959. Sur l'écologie et le cycle évolutif de Choleva angustata Fab. et fagniezi Jeann. (Col. Catopidae). Ann.Spéléol., 14.

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. 1997. Fauna de Quirópteros del País Vasco. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 49 : 77-100.

Galán, C. 2001. Primeros datos sobre el Medio Subterráneo Superficial y otros habitats subterráneos transicionales en el País Vasco. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 51: 67-78.

Galán, C. 2021. Las minas de Karrika en esquistos de edad Paleozoico y su fauna cavernícola (Oiartzun, País Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 46 pp.

Galán, C. & M. Nieto. 2011. Fauna hipógea del MSS y mesocavernas en conglomerados Permo-Triásicos (Mandoegi, Gipuzkoa). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 15 pp.

Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2014. Minas y cuevas de Elama (Artikutza): Hidrogeología, fauna y evolución. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 62 pp.

Galán, C.; M. Nieto & G. Albisu. 2021. Exploración de los túneles en arenisca de Costa Txiki y Pasaia 3, con notas geo-biológicas (Formación Jaizkibel, Pasaia, Pais Vasco). Publ. Dpto. Espeleol. S.C.Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 36 pp.

Outerelo, R.; P. Gamarra; A. San Martín & J. Recalde. 2016. Staphylinidae (Coleoptera) del Parque Natural del Señorío de Bértiz (Navarra, norte de España). Arquivos Entomolóxicos, 15: 321-336.

Pérez-Moreno, I. & F. Moreno Grijalba. 2009. Los coleópteros saproxílicos del Parque Natural Sierra de Cebollera (La Rioja). Colección Ciencias de la Tierra, 28. Instituto de Estudios Riojanos. Logroño. 182 pp.

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.

Sáez García, J.A. 2000. Viejas Piedras: fortificaciones guipuzcoanas. Michelena artes gráficas. Monográficos, 8. San Sebastián. 274 pp.

Sáez García, J.A. 2005. La defensa del sector guipuzcoano de la frontera Pirenaica durante el Franquismo: los campamentos militares en 1951. Inst, Geograf. Vasco. BROCAR, 29: 167-204.

Sáez García, J.A. 2010. La fortificación "Vallespín" en Guipúzcoa (1939-1940). Ingeba. San Sebastián. 110 pp.

Torres, J.A. & L.I. Viera. 2013. Oiartzun Haranaren Geologia. Geología del Valle de Oiartzun. Mugarri 20, 2ª Ed. 354 pp.

Vorst, O. 2013. On some Gipuzkoan Coleoptera, including several species new to the Iberian Peninsula. Heteropterus Rev. Entomol, 13(2): 147-173.