NOTAS SOBRE FAUNA CAVERNÍCOLA DE LOS TÚNELES Y CUEVAS EN ARENISCA DE GRAN KANTO (PASAIA, FORMACIÓN JAIZKIBEL).

Notes about cave fauna in the tunnels and caves in sandstone of Gran Kanto (Pasaia, Jaizkibel Formation).

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

NOTAS SOBRE FAUNA CAVERNÍCOLA DE LOS TÚNELES Y CUEVAS EN ARENISCA DE GRAN KANTO (PASAIA, FORMACIÓN JAIZKIBEL).

Notes about cave fauna in the tunnels and caves in sandstone of Gran Kanto (Pasaia, Jaizkibel Formation).

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

RESUMEN

Se describe una cueva-sima y dos pequeños túneles con canales en arenisca en la parte oeste del litoral del monte Jaizkibel. Las rocas son parte de una secuencia de turbiditas abisales de edad Eoceno (Formación Jaizkibel, País Vasco). Las cuevas se han formado por procesos de disolución intergranular y a expensas de fracturas de descompresión mecánica, en un escarpe lateral de una placa de arenisca de fuerte buzamiento. Los escarpes son atravesados por dos túneles que interceptan acuíferos subterráneos. Las cavidades contienen una fauna de invertebrados cavernícolas, que incluye anfípodos e isópodos (troglófilos y troglobios), más otros taxa cavernícolas que habitan en un extenso habitat hipógeo en el litoral marino. Las cavidades contienen 285 m de galerías.
Palabras clave: Karst en arenisca, Biología subterránea, Túneles, Cuevas, Espeleotemas, Hidrogeología, Anfípodos, Isópodos.

ABSTRACT

A abyss-cave and two small tunnels with channels in sandstone are described in the western part of the coast of mount Jaizkibel. The rocks are part of a sequence of Eocene age abyssal turbidites (Jaizkibel Formation, Basque Country). The caves have been formed by intergranular dissolution and at the expense of mechanical decompression fractures, in a lateral escarpment of a strongly dipping littoral plate. The scarps are traversed by two tunnels that intercept underground aquifers. The cavities contain a fauna of cave-dwelling invertebrates, which includes amphipods and isopods (troglophiles and troglobites), plus other cave-dwelling taxa that inhabit an extensive hypogean habitat on the marine littoral. The cavities contain 285 m of galleries.
Key words: Karst in sandstone, Subterranean Biology, Tunnels, Caves, Speleothems, Hydrogeology, Amphipoda, Isopoda.

INTRODUCCION

Suele decirse que “el mapa no es el territorio” y, contra la normal creencia, buena parte del planeta permanece inexplorado. Esto no ocurre sólo en regiones geográficas remotas, grandes selvas, desiertos, altas montañas o glaciares. Sino que incluso aquí, en la superpoblada Europa y cerca de las ciudades, existen áreas poco conocidas o del todo inexploradas. El humano moderno, en su sedentarismo acentuado, tiende a no alejarse demasiado de donde puedan llevarlo sus vehículos motorizados, los caminos bien trazados, o los lugares donde pueda explotar algún “recurso”, en detrimento de la naturaleza, que es considerada “salvaje”.

El karst es en este sentido un territorio que alberga numerosos enclaves agrestes y salvajes. Bajo nuestros piés existe un medio subterráneo extenso, oculto, oscuro, con miles de simas y cavernas, que recorren las aguas subterráneas y que están pobladas por infinidad de organismos vivos, poco conocidos, a menudo de gran antigüedad filética, y que son parte de la biodiversidad global.

Para acceder al medio hipógeo hay que prospectar el terreno y encontrar las bocas de cavidades que permitan tal ingreso. Y en muchos casos se trata de terrenos abruptos e intrincados, laderas de fuerte pendiente y acantilados, que por sus características topográficas han permanecido inexplorados. Este ha sido el caso del karst en arenisca en el litoral de Gipuzkoa, donde en las dos últimas décadas hemos descubierto y explorado más de 250 cavidades y hemos hallado, colectado y estudiado más de un centenar de especies cavernícolas, tanto formas terrestres como de agua dulce y marinas. Pero difícilmente podemos clamar que ya está todo conocido. Quedan numerosas incógnitas en parajes, en general de difícil acceso, que restan por explorar. Y el tratado en esta nota (la placa costera de la punta de Gran Kanto, en Pasaia), es sólo uno más de ellos.

Esta placa en chevron está formada por estratos gruesos de arenisca (de la Formación Jaizkibel) que buzan directamente hacia el mar con fuerte inclinación, y resulta por tanto poco accesible. No obstante, a lo largo de este abrupto frente costero el ser humano construyó en el pasado un ingenioso sistema de canales y túneles, para la captación y el trasvase de aguas desde el flanco Norte a Pasaia. También, pescadores y perceberos han descendido alguno de estos flancos, pero con el objetivo de la pesca, sin prestar atención a la ocurrencia de cuevas, geoformas, ni otros aspectos de interés geo-biológico. Así que se trata de enclaves desconocidos desde el punto de vista científico (tanto en el campo de la Biología Subterránea como de la Karstología).

La Formación Jaizkibel es una potente secuencia de turbiditas abisales, de edad Eoceno, donde alternan estratos gruesos de arenisca con intercalaciones delgadas de lutitas. 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).

La karstificación y formación de cavidades en la arenisca se produce básicamente por un proceso subterráneo de disolución intergranular, la cual actúa no sólo a partir de fracturas y planos de estratificación, sino que avanza 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, y puede entonces ser trabajada por procesos continuados de disolución, piping y erosivos. De este modo se forma un gran número y diversidad de cavidades y conductos (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, 2009, 2013 a, b; 2020 a, b, c). No obstante, la intercalación de lutitas en la serie flysch hace que, a medida que progresa la erosión y denudación 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, acompañando al modelado de superficie. Particularmente, las zonas de borde de escarpes y acantilados constituyen zonas de gran actividad geomorfológica, donde junto a cavidades en pleno proceso de formación, se encuentran fragmentos o restos de cavidades que están siendo desmanteladas. La infiltración de las precipitaciones organiza acuíferos y sistemas de drenaje subterráneo localizados, generalmente compartimentados, lo que da origen a múltiples pequeñas surgencias y/o a la descarga directa al mar (Galán & Nieto, 2020 a; Galán el al, 2020 a, c).

En esta nota describimos una extensa sima-cueva y pequeños túneles, situados en escarpes de una placa del frente costero. Las cavidades poseen interesantes especies troglófilas y troglobias (acuáticas y terrestres) así como espeleotemas diversas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el acceso y en la exploración de las cavidades se emplearon técnicas de espeleología vertical (cuerda estática y jumars). Se efectuaron levantamientos topográficos 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. Los datos descriptivos son completados con fotografía digital.

RESULTADOS

La Formación Jaizkibel se extiende 30 km a lo largo de la costa E de Gipuzkoa hasta la frontera con Francia en Hondarribia. Conforma una cadena montañosa de estructura monoclinal y buzamiento N, con importantes afloramientos karstificados de arenisca en los montes Mendizorrotz-Igueldo, Ulía y Jaizkibel. Los principales rasgos geológicos e hidrogeológicos de la formación han sido ampliamente descritos en trabajos previos, por lo que no serán expuestos aquí. Sólo destacar que los procesos de karstificación y espeleogénesis (con numerosas cavidades y geoformas) no ocurren en toda la formación, sino sólo o particularmente en sectores donde los estratos de arenisca alcanzan mayores espesores, como es el caso que nos ocupa. La exploración de túneles que perforan la formación también confirma ésto, ya que interceptan acuíferos subterráneos hasta a considerable profundidad.

El sector explorado se localiza en el paraje de Gran Kanto, entre éste y la placa de Tanbo, ambas con morfologías en chevron. Para acceder al paraje hay que descender hasta Gran Kanto, donde el arroyo Iñalurreta se precipita formando una larga cascada sobre el mar, de 50 m de desnivel. Desde el borde superior de la cascada hay que seguir hacia el W un exiguo sendero horizontal, sobre la traza de un pequeño canal, hoy parcialmente destruido, que captaba y conducía aguas para el abastecimiento de Pasaia.

El recorrido es expuesto y no es aconsejable intentarlo con lluvia o condiciones húmedas, ya que el sendero discurre a 51 m sobre el nivel del mar, surcando una placa de arenisca de fuerte inclinación (45º) ya de por sí húmeda y resbaladiza, por estar situada en la cara N del monte.

Del camino que va a la cascada de Gran Kanto, hay que descender primero por el borde superior de la cascada para alcanzar el sendero W del canal. Este sendero, de 0,5 m de ancho, discurre horizontal hacia el W a lo largo de la placa inclinada. El trazado se adivina, por estar cubierto de vegetación baja entre tramos de roca lisa, y presenta huecos sobre el canal y algunos tramos que han colapsado, por lo que hay que tener cuidado para recorrerlo.

Tras 270 m de recorrido se alcanza la boca E del Túnel 01, de 45 m de largo, que describe una curva. Este túnel lleva agua y perfora hacia el SW un primer escarpe lateral de -12 m de desnivel. En la base de la pared se abre la boca opuesta W y prosigue el sendero horizontal 10 m hasta otro pequeño escarpe vertical, de -4 m, que se desciende con ayuda de cuerda. Aquí se alcanza la continuación del oculto canal, que a los 23 m (algo antes de un segundo escarpe) conduce a la boca E del Túnel 02. Éste tiene 20 m de largo y, como el anterior, se dirige al SW para abrirse en una segunda boca W, en la base del escarpe. La pared del mismo tiene 8 m de altura, con diversas geoformas, y desde la base del escarpe puede accederse a un entrante topográfico (con bloques, en la línea de costa) que se extiende por 300 m entre las placas de Gran Kanto y Tanbo (Ver Figura 01).

Existe adicionalmente un largo túnel que perfora la placa de Tanbo, pero actualmente sus extremos han colapsado. Nosotros revisamos el sector y pudimos atravesar el túnel durante las exploraciones previas de la punta de Burrustarri (en 2010) y de la sima de Tanbo 2 (en 2013). Esta última es una de las mayores cavidades de Jaizkibel ya que alcanza -70 m de desnivel y 258 m de desarrollo, siendo parte de un sistema mayor, del orden de -120 m de desnivel y 400 m de desarrollo (Galán et al, 2013 b).

Desde la boca W del Túnel 01, y entre esta y el pequeño escarpe de -4 m, se divisa la boca de la Sima-cueva 01, a -24 m por debajo del sendero, entre planos de estratificación ampliados seccionados por el escarpe lateral y grandes bloques adosados (fragmentos de los estratos gruesos de arenisca). Esta cavidad desciende hasta el nivel del mar y su acceso requiere cuerda.

DESCRIPCION DE CAVIDADES

Gran Kanto Túnel 01.

Situación: A 270 m al W de la cascada (arroyo Iñalurreta) en Gran Kanto.

Coordenadas ETRS89, UTM30N: N 4.799.343; E 589.055; altitud: 51 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 45 m. Desnivel 0 m. Figuras 02 á 06.

Descripción: Es un antiguo túnel construido para la captación y trasvase de aguas para el suministro a la localidad de Pasaia. Forma parte de una serie de canales y túneles en el flanco N del monte, actualmente desmantelada y abandonada, cuyo tramo final es el Túnel de Kalaburtza, de 208 m (Galán & Nieto, 2020 b), que perfora el monte; su boca Sur se abre a 48 m snm. Actualmente las localidades de Pasaia y Lezo reciben agua de otras canalizaciones subterráneas (Galán & Nieto, 2020 a; Galán et al, 2020 c).

De modo parecido a estas, el Túnel 01 de Gran Kanto tiene una sección en U invertida de 1,4 m de ancho x 1,8 m de alto, con algunas ampliaciones por colapso de lutitas intercaladas en la serie. En el interior del túnel es apreciable un canal con agua de 0,3 m de ancho y 0,4 m de profundidad, con 20 cm de altura del agua y suelo del cauce arenoso. En su tramo final se pierde el caudal de agua entre un relleno de sedimentos arcillo-arenosos. La cavidad posee pequeñas espeleotemas botroidales de ópalo-A y yeso, recubrimientos milimétricos de silicatos de aluminio amorfo y de calcita. Su trazado SW describe una ligera curva en S. Tiene 45 m de longitud, con su parte intermedia en oscuridad, y una interesante representación de especies cavernícolas acuáticas.

Gran Kanto Túnel 02.

Situación: A 33 m al WSW de la segunda boca (W) del Túnel 01.

Coordenadas ETRS89, UTM30N: N 4.799.289; E 588.997; altitud 51 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 20 m. Desnivel 0 m. Figuras 07 á 08.

Descripción: Es un túnel más corto (20 m), de similar morfología, que actualmente no lleva agua (salvo pequeñas filtraciones de las paredes), ya que el canal está roto en varios puntos, y el agua se infiltra hacia el sustrato inferior. Su trazado describe una ligera curva hacia el S y luego SW (para salvar el escarpe), posee zonas en acentuada penumbra (incluyendo una ampliación o sala lateral), pequeñas espeleotemas, y fauna cavernícola terrestre.

Gran Kanto Sima-cueva 01.

Situación: A 35 m al N de la segunda boca del Túnel 01.

Coordenadas ETRS89, UTM30N: N 4.799.338; E 589.018; altitud: 32 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 220 m. Desnivel -32 m. Figuras 09 á 24. Plano en Figura 25.

Descripción: Situada a menor altitud, esta cavidad natural se extiende hasta el nivel del mar. El acceso a la cavidad y su recorrido requieren 80 m de cuerda, ya que posee muchas zonas húmedas y deslizantes. Hay que descender la placa en oblicuo, por el borde superior del resalte de -4 m existente al W del Túnel 01, el cual se va estrechando. Así se alcanza la boca superior (cota 0 = 32 m snm) donde puede hacerse pie en unos bloques acuñados en zona techada (cota -5 = 27 m snm).

Un segundo tramo, interno, se amplía formando una sala espaciosa y sigue la placa hasta otros bloques acuñados en la cota -26 m. Aquí pueden seguirse dos itinerarios. Hacia el E, tras un tercer tramo de descenso con cuerda se alcanza la cota -30 m, en zona oscura. Puede recorrerse la base seca y subhorizontal de la sala hacia el E por espacio de 60 m. La sala resulta notable por la gran cantidad de espeleotemas de calcita que posee: largas banderas, voluminosas estalactitas y estalagmitas, pequeñas isotubulares y excéntricas. El suelo de la placa está surcado por múltiples filtraciones de películas de agua. Posee además formas botroidales de ópalo-A, films de alófano y de oxi-hidróxidos de hierro. En su parte final la sala se estrecha y queda cegada.

Hacia el W, entre la cota -26 y el litoral del mar (cota -32), puede recorrerse sin cuerda escalando entre bloques un tramo de 40 m, techado por la bóveda en extraplomo del estrato superior y bloques contiguos. Esta zona tiene numerosos tapices de algas rojas y organismos del fouling. Su parte más baja posee pozas de agua marina.

Adicionalmente, entre y bajo grandes bloques (correspondientes a tramos de los estratos superiores que han colapsado y deslizado) se forma un retículo de galerías, con múltiples bocas, de 50 m de desarrollo. Así que se trata en parte de una cavidad inter-estratos y en parte de recubrimiento. Su extensión N-S en planta es de 45 m (entre la boca superior y el nivel del mar) y su anchura máxima E-W de 90 m (a nivel basal). El desarrollo entre estratos es de 170 m, pero contando la red de galerías techadas bajo bloques alcanza un desarrollo de 220 m. La cavidad contiene especies cavernícolas propias de la zona litoral y supralitoral, con taxa terrestres, de agua dulce y marinas.

ESPELEOLOGÍA FÍSICA

En el interior de las cavidades la roca-caja se presenta levemente arenizada (prueba del proceso de disolución intergranular) o recubierta por delgados films de espeleotemas. Posee bloques desprendidos, en proceso de desprendimiento y acumulaciones de clastos y rellenos detríticos fundamentalmente arenosos. El agua subterránea que percola la serie desliza a lo largo de fracturas y planos de estratificación, siguiendo el buzamiento de la placa hacia el N, con surgencia submarina difusa.

Los dos túneles descritos perforan un pequeño espesor en los estratos de arenisca que forman los escarpes laterales. En distintos puntos presentan intercalaciones de lutitas, más frágiles, que han colapsado y han sido parcialmente removidas formando ampliaciones en el conducto principal. Las filtraciones recibidas y las del canal con agua del túnel 01, atraviesan las galerías y se hunden para derivar hacia estratos inferiores, depositando en su recorrido a través de los túneles diversas espeleotemas. En la cueva inferior ocurre algo parecido, con numerosas filtraciones que circulan entre los estratos e intergranularmente.

La profundidad que alcanza la karstificación, con respecto al relieve de superficie, en este caso es muy escasa. Pero en otros casos puede llegar a ser importante. Los túneles explorados en Lezo, Pasaia y Kalaburtza (de 800 m, 1.600 m y 208 m de longitud, respectivamente) atraviesan horizontalmente de N a S el monte Jaizkibel y en su recorrido interceptan varios niveles acuíferos (con pequeñas cavidades y mesocavernas) a profundidades que alcanzan más de -200 m (Galán & Nieto, 2020 a,b; Galán et al, 2020 c).

Las galerías de la cueva inferior se han formado bajo un marcado control estructural, ya que siguen líneas de largas fracturas de descompresión mecánica, en el borde del escarpe, y planos de estratificación ampliados por disolución intergranular del cemento carbonático de la arenisca y por remoción de las intercalaciones delgadas de lutitas. La cueva se extiende también lateralmente entre y bajo los grandes bloques de colapso, desprendidos de los estratos superiores fragmentados. A ello se suma en la línea de costa la acción de la erosión marina, que evacúa bloques menores y redondea los conductos. En este sentido la acción de las mareas y el fuerte oleaje del Cantábrico, ejercen un fuerte poder de erosión y remoción de materiales.

Las galerías internas de los túneles presentan crecimientos milimétricos de espeleotemas botroidales y tubulares de ópalo-A, de origen biogénico y colores grises, extensos films blanco-opacos de hidrosilicatos de aluminio amorfo (alófano), pequeñas coladas blancas de calcita, y algunos otros films ocres, amarillentos y rojizos de oxi-hidróxidos de hierro (goethita, hematita y limonita). La cueva inferior, en cambio, además de estos tipos de espeleotemas, resulta notable por la gran cantidad, diversidad y volumen que alcanzan sus espeleotemas de calcita, con centenares de banderas que siguen la línea de máxima pendiente, grandes estalactitas y estalagmitas, de espesores métricos, así como pequeñas isotubulares y excéntricas. Algo que no habíamos encontrado con tal profusión en otras cuevas en la arenisca de Jaizkibel.

Existe así todo un conjunto de espeleotemas (formadas por cristales y fases amorfas de distintos minerales secundarios), las cuales han precipitado a partir de sustancias disueltas por las aguas de infiltración al atravesar los estratos de arenisca. La génesis de estas espeleotemas está en gran parte influida o mediada por la actividad metabólica de microorganismos (principalmente bacterias) y por la presencia en los sistemas químicos de ácidos orgánicos procedentes de la vegetación y suelos de superficie. La precipitación de sustancias disueltas parece estar controlada por condiciones microclimáticas y por la actividad bacterial (Galán, 2013; Galán & Vera Martin, 2010, 2011; Galán et al, 2013 a; Galán et al, 2020, a, c).

La sima-cueva de Gran Kanto muestra a su vez rasgos propios de las cuevas de recubrimiento típicas de Jaizkibel en zona litoral. En todo el entrante topográfico existente entre la placa de Gran Kanto y la de Tanbo, a lo largo de 300 m, hay una franja litoral con bloques de colapso, de distintas dimensiones. Entre y bajo ellos se desarrollan decenas de cavidades de recubrimiento, a distintas escalas (macro y mesocavernas), con tramos de galerías en oscuridad, que constituyen un hábitat hipógeo extenso.

Desde un punto de vista bioespeleológico se trata de un hábitat peculiar, en zona litoral, rico en nutrientes aportados por las mareas y por las aguas de infiltración (ambiente eutrófico), y que constituye un medio transicional por partida doble (entre los ambientes de superficie y subterráneos, y entre el mar y el medio continental); y es una de las vías seguidas por distintos organismos para colonizar las aguas dulces continentales en el karst del interior del territorio, y diferenciar especies cavernícolas acuáticas y terrestres (Galán, 20017).

BIOESPELEOLOGÍA

En la zona de entrada y zona de penumbra de los túneles hay una gradación de la vegetación criptogámica, tapices de musgos, algas verdes y otros films orgánicos que comprenden colonias de Cyanobacterias. En zona oscura existen algunos crecimientos dispersos de films de Actinobacterias, algunos de ellos asociados a la ocurrencia de espeleotemas. En la cueva litoral inferior se suman en la zona intermareal tapices de algas marinas rojas e incrustaciones biológicas (= fouling). Estas últimas comprenden muchas especies comunes en zona litoral, como lapas (*Patella*), cirrípedos dientes de perro (*Chthalamus*), percebes (*Pollicipes*), esponjas incrustantes y poliquetos. También habitan en esta zona pequeños caracoles marinos y diversas especies de cangrejos.

Los invertebrados más fácilmente observables sobre las paredes son distintas especies troglófilas de araneidos, tales como *Meta bourneti* Simon (Tetragnathidae) y *Eratigena inermis* Simon (Agelenidae). Estas especies son muy comunes en cuevas de la región. También se presentan algunos dípteros troglóxenos e isópodos terrestres *Ligia oceanica* (Linnaeus) (Ligiidae) y *Porcellio scaber* Latreille (Porcellionidae). En los túneles hallamos restos de ejemplares muertos de odonatos *Aeschna* sp. (Aeschnidae). Previamente han sido halladas ninfas acuáticas de esta especie (y algunos adultos muertos) en los túneles de Lezo y Pasaia.

Figura 01. Localización de las cavidades en la placa W de Gran Kanto. A: vista general en planta. B: Escarpes vistos desde el SW. C: Idem, desde el NW, a vuelo de pájaro. Fuente ortofotos: b5m. Las líneas de trazos blancos indican la posición aproximada de los túneles y el circulo blanco la boca superior de la cueva 01.

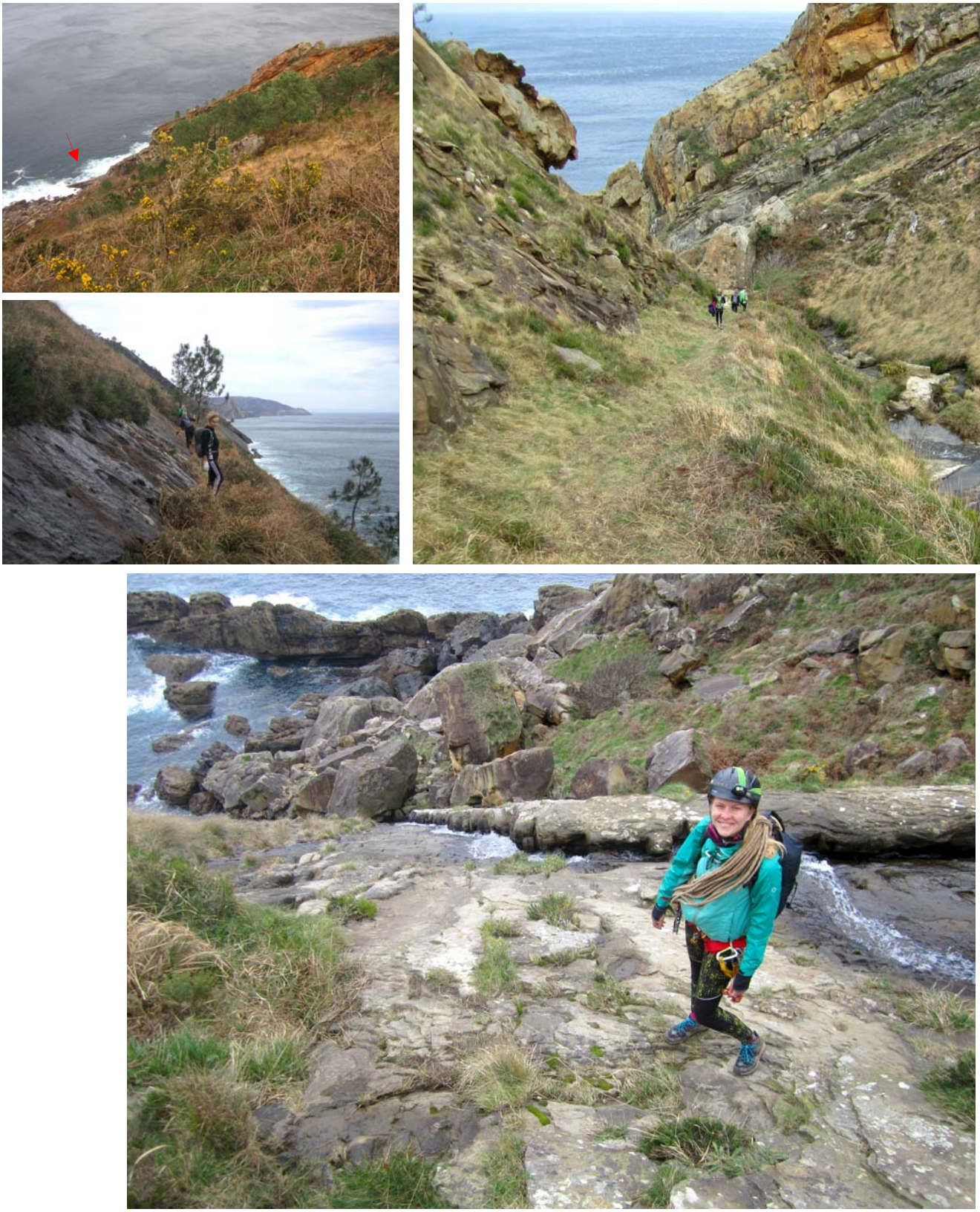


Figura 02. El sendero del valle del arroyo Iñalurreta, que conduce a la punta de Gran Kanto (arriba) y la cascada de 50 m (debajo). En los recuadros: Vista sobre el escarpe W de Gran Kanto, con la punta donde se localizan las cavidades (flecha roja) (recuadro superior) y sendero sobre la placa (recuadro inferior).

Figura 03. Gran Kanto Túnel 01. Zona de la entrada E, donde se aprecia el antiguo canal (arriba) y colectando fauna en la parte central del túnel (debajo). Se aprecian extensos recubrimientos blancos de espeleotemas de silicatos de aluminio amorfo (alófano). En los recuadros: detalles de espeleotemas botroidales de ópao-A (recuadro superior) y films amarillentos y rojizos de oxi-hidróxidos de hierro (recuadro inferior).

Figura 04. Diversos aspectos del Túnel 01 de Gran Kanto, donde se observa el canal con agua y films delgados de espeleotemas. El túnel describe una curva en S y toda la zona media está en oscuridad.

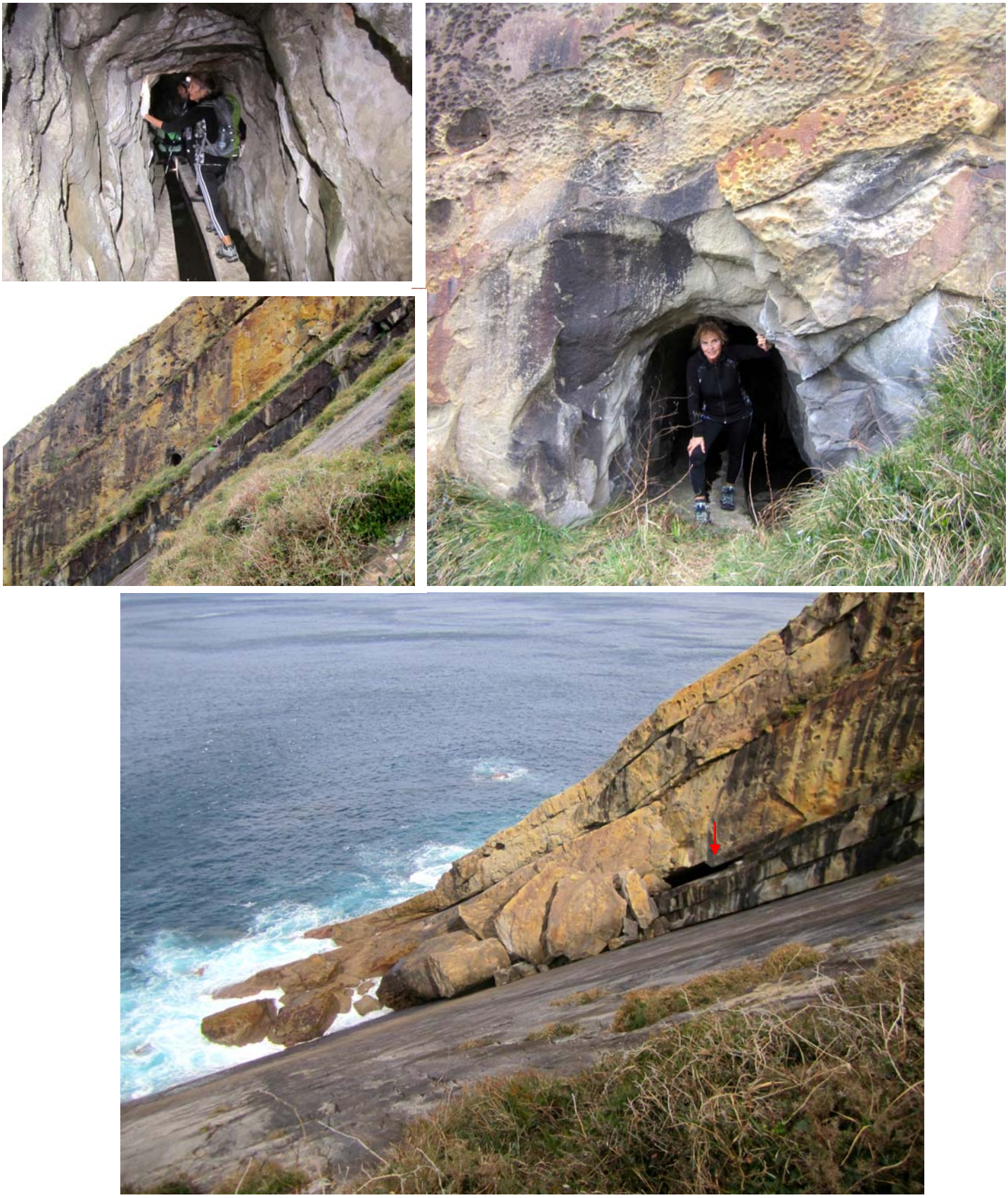


Figura 05. Túnel 01 de Gran Kanto, con detalles del canal, boca W, y escarpes en el lado W de la placa (arriba). Se aprecia el grosor (12 m) de los estratos perforados por el túnel y el escarpe inferior de -4 m. En la imagen inferior: la lisa placa bajo el sendero entre los túneles 01 y 02, desde donde se ve la boca superior de la sima-cueva (flecha roja) y los grandes bloques adosados al W, bajo los cuales se desarrollan galerías de recubrimiento.

Figura 06. El sendero sobre la placa (regresando desde el túnel 02 hacia la cascada) (arriba). Vista vertical desde el sendero entre los túneles 01 y 02 (debajo). Se aprecian los grandes bloques y parte de la boca superior (flecha roja).

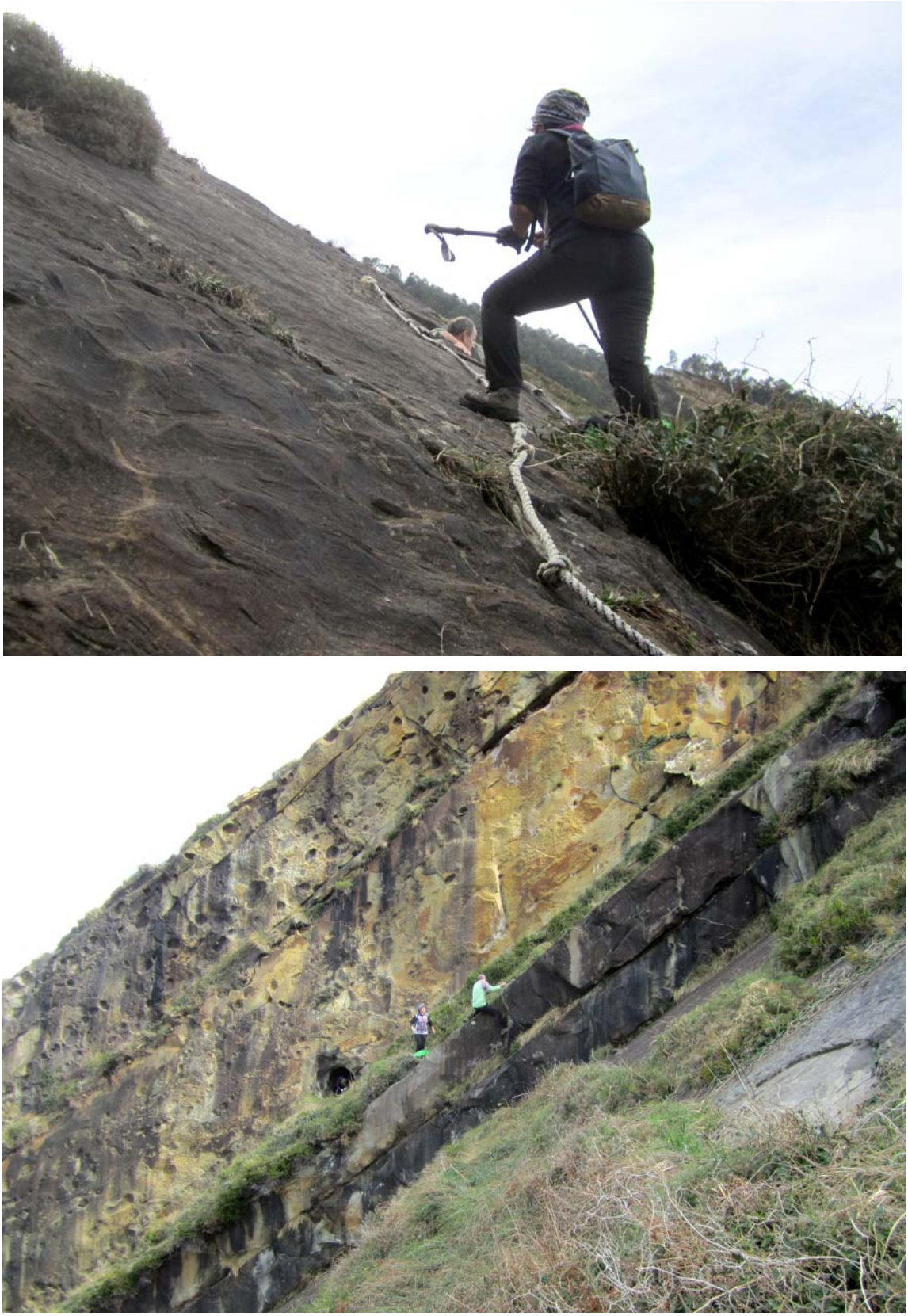


Figura 07. Paso del escarpe de -4 m (que conduce hacia el túnel 02). Al fondo, la base de la boca W del túnel 01.

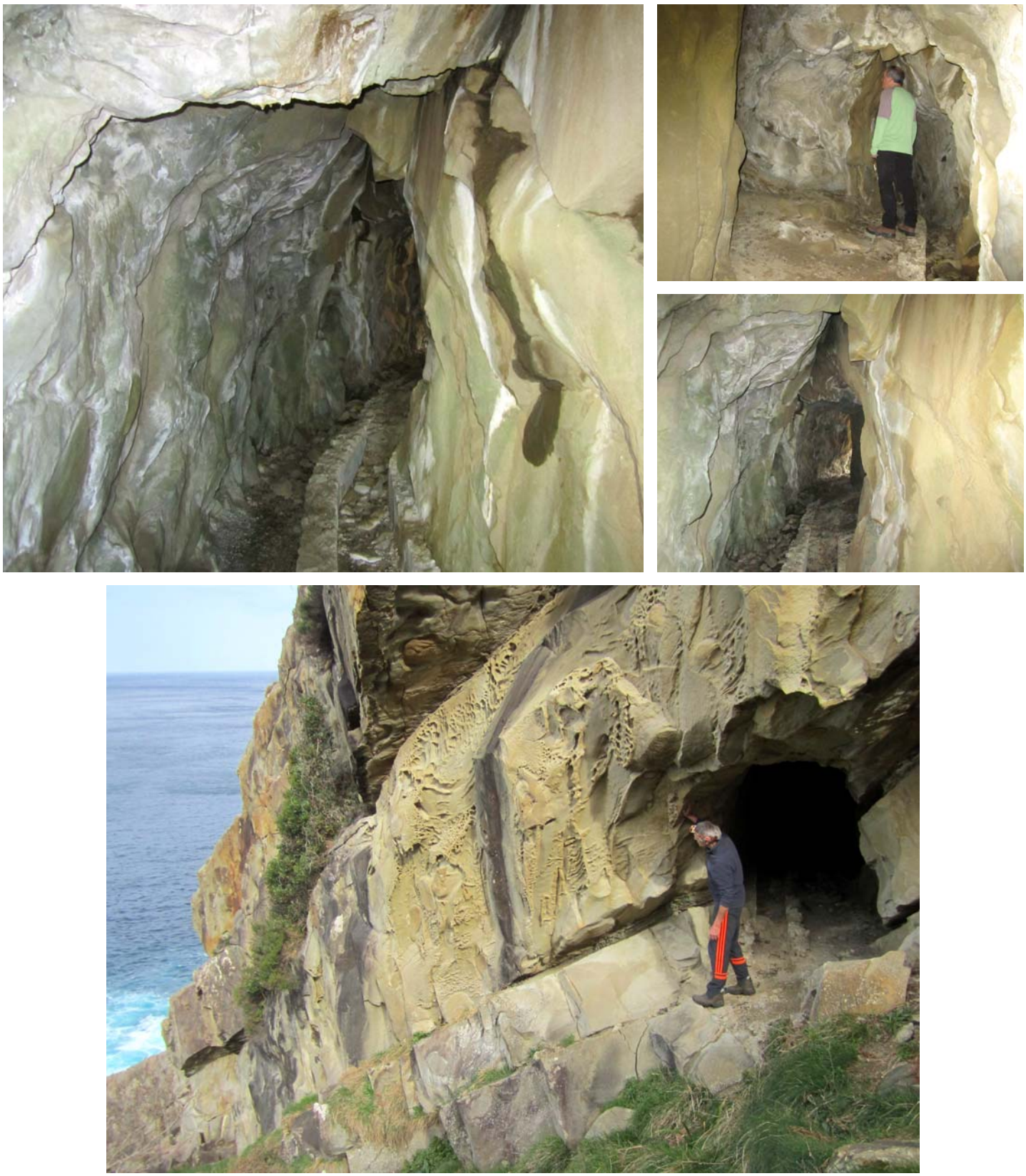


Figura 08. Túnel 02 de Gran Kanto. El canal, destruido, no lleva agua. Se aprecian espeleotemas, pequeños clastos desprendidos y ampliaciones laterales por remoción de intercalaciones delgadas de lutitas (arriba). En la imagen inferior: boca W del túnel 02, con el escarpe de 8 m que perfora el túnel, y diversas geoformas en sus paredes.

Figura 09. Sima-cueva Gran Kanto 01. Descenso desde el sendero (51 m snm) hacia la boca superior, siguiendo sobre el borde del escarpe de -4 m. Se puede parar en unos bloques acuñados (cota -5 de la cavidad = 27 m snm). La cota 0 de la sima (= 32 m snm) es el inicio de la zona techada. Puede apreciarse las filtraciones interestratos y espeleotemas. Las láminas de agua sobre la placa inclinada son muy deslizantes y se requiere 80 m de cuerda para llegar al fondo.

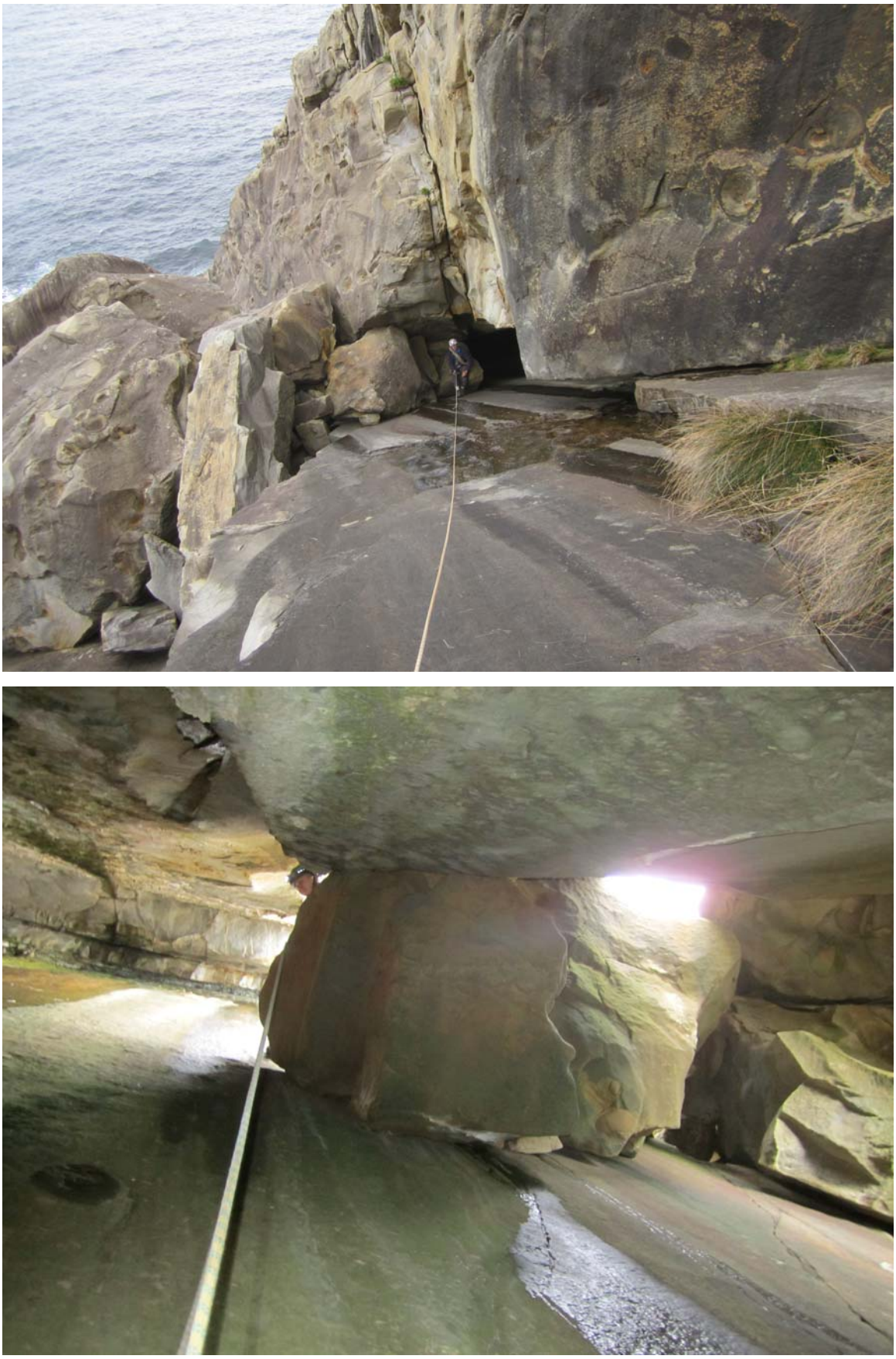


Figura 10. Sima-cueva Gran Kanto 01. Bloques empotrados en la cota -5 de la sima, con la cuerda de descenso en oblicuo. Hay que prestar atención para no deslizar hacia el escarpe externo. La cavidad se extiende 60 m hacia el E, entre los estratos, y otros 30 m hacia el W entre y bajo los grandes bloques de colapso contiguos.

Figura 11. Recorrido hacia la zona litoral, desde la cota -26 m, bajo la zona techada por los estratos superiores, cuyo perímetro techado describe una curva hacia el W, alcanzando la franja litoral en la cota -32 m.

Figura 12. Zona intermareal techada de la cavidad (cota -32 m), con incrustaciones biológicas (= fouling). Se pueden apreciar lapas (*Patella*), cirrípedos dientes de perro (*Chthalamus*) y algas rojas. Además se encuentran especies de caracoles litorales, cangrejos, esponjas, poliquetos, percebes (*Pollicipes*), isópodos y tysanuros (*Petrobius*).

Figura 13. Pozas de agua marina y organismos del fouling en galerías entre bloques en la cota -32 m de la cavidad, con altura media de la marea. Durante las pleamares el nivel del agua sube algo más de 2 m.

Figura 14. Ascenso bajo la zona techada hacia bloques empotrados en la cota -26 y descenso con cuerda por el lado opuesto para alcanzar el suelo de la zona seca interna en la cota -30. Pueden apreciarse tapices de algas rojas y cirrípedos en la zona más iluminada y espeleotemas de calcita en la zona interna de la sima.

Figura 15. Descenso lateral (para evitar los flujos de agua deslizantes) desde los bloques empotrados de la cota -26 y continuación interna de la cavidad en la cota -30 m (en oscuridad; la luz más próxima es del flash y nuestras linternas).

Figura 16. A partir de la cota -26 la cavidad se prolonga hacia el interior 60 m, en zona oscura., formando una amplia galería-sala, que se desarrolla subhorizontal a lo largo de la cota -30, con subidas y bajadas sobre bloques y gran profusión de espeleotemas de calcita, sobre todo largas banderas que siguen la línea de máxima pendiente.

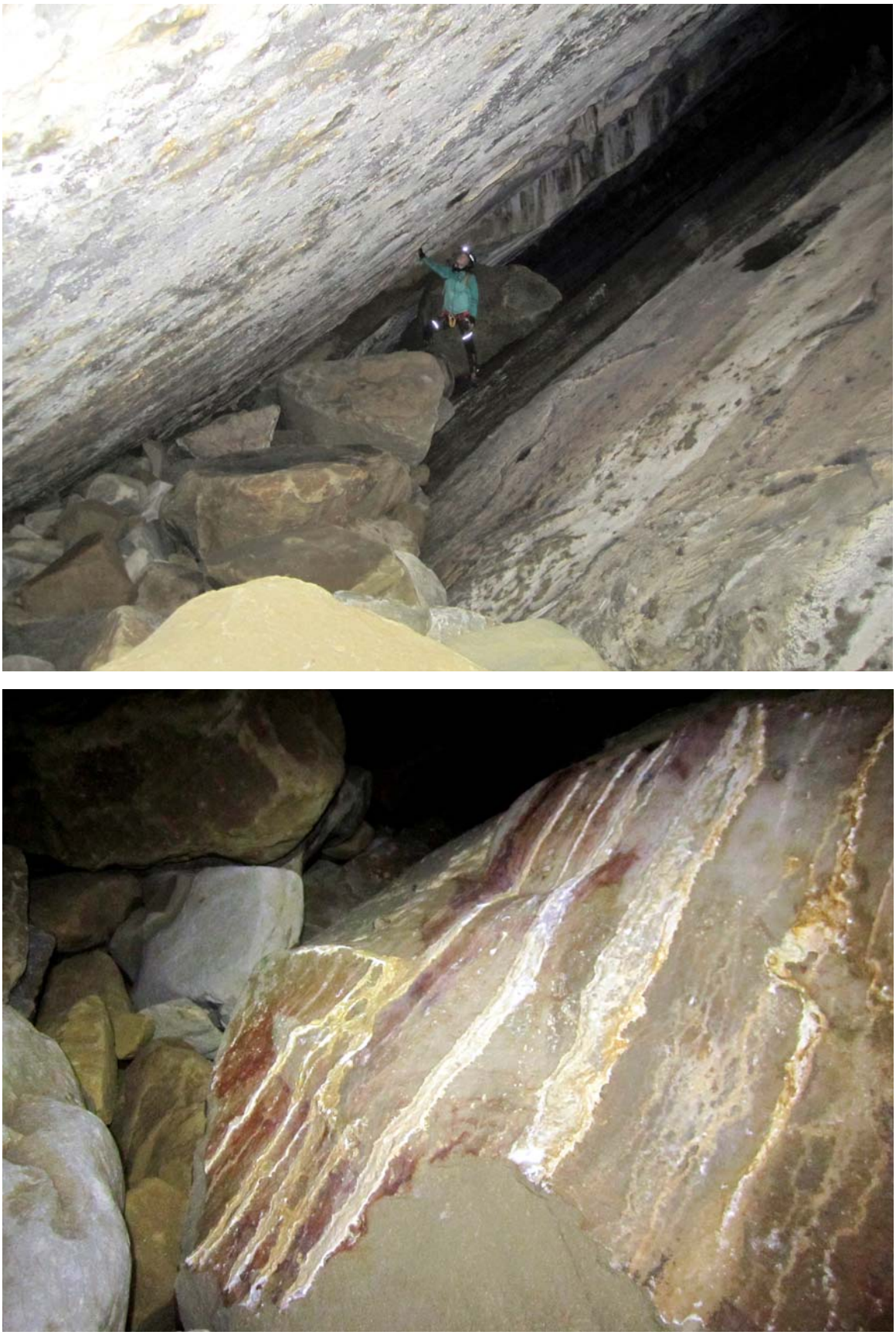


Figura 17. Sima-cueva de Gran Kanto 01. Sala central, con extensos recubrimientos de alófano, oxi-hidróxidos de hierro, espeleotemas botroidales milimétricas de ópalo-A y, sobre todo, estalactitas y coladas de calcita. Cota -30.

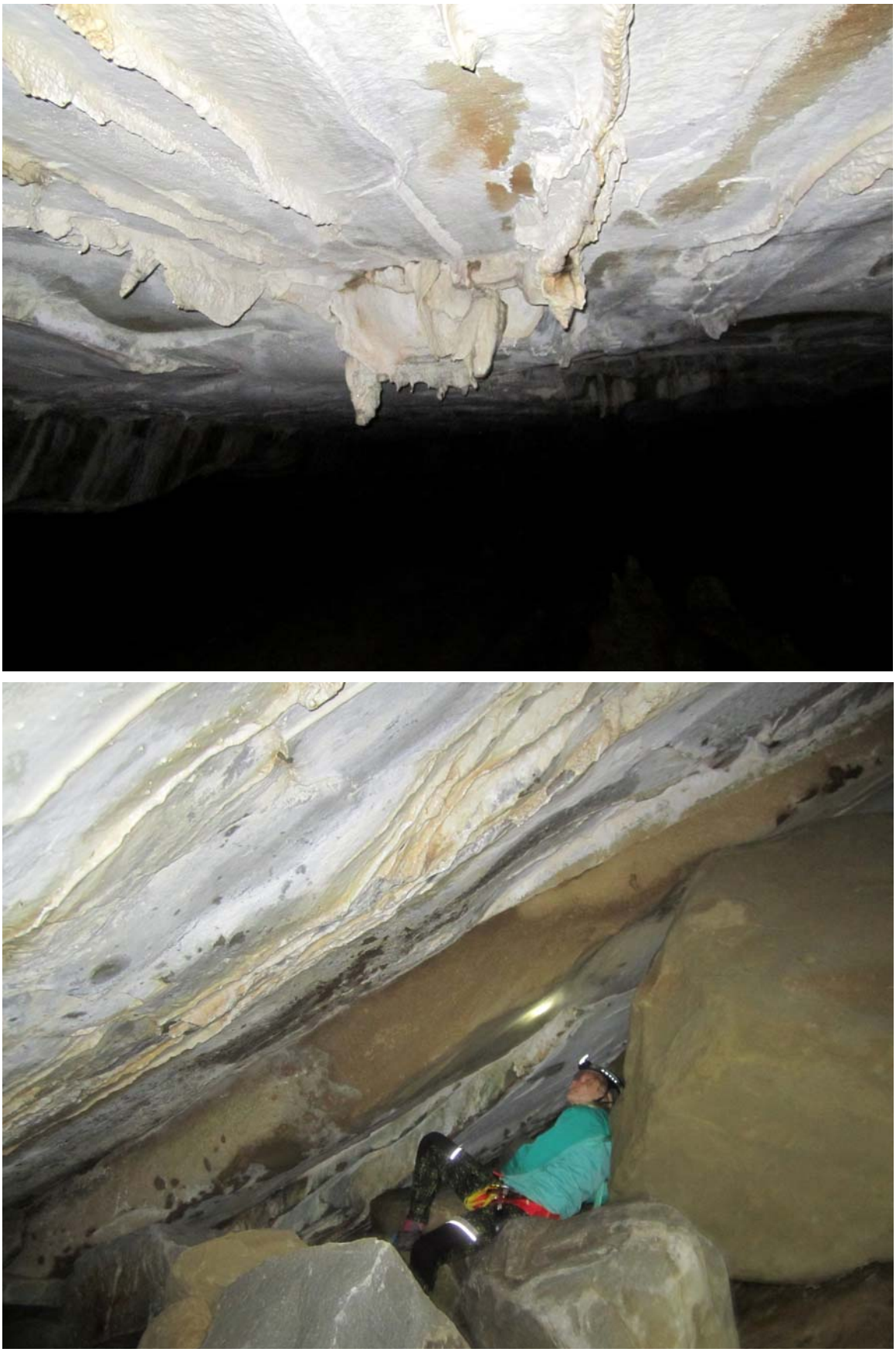


Figura 18. Detalle de grandes estalactitas de calcita (algunas de ellas de más de 1 m) y largas banderas.

Figura 19. Grandes estalactitas y estalagmitas de calcita en la sima-cueva de Gan Kanto 01.

Figura 20. Ascenso desde la cota -30 y bloques empotrados en la cota -26. Se puede apreciar numerosas estalactitas y grandes masas estalagmíticas, más abundantes hacia la parte interna de la cavidad. Sima-cueva Gran Kanto 01.

Figura 21. Ascenso desde la cota -26 hacia la cota -5 (son necesarios 80 m cuerda para el acceso y recorrido de la cavidad, ya que hay muchos tramos muy resbaladizos, con láminas de agua y crecimientos de algas y bacterias. Se aprecian diversas espeleotemas y flujos laminares de agua intergranular, que atraviesa los estratos de arenisca.

Figura 22. Vista desde la cuerda de ascenso hacia el sendero de la cota 51 m snm y hacia la boca de la sima-cueva.

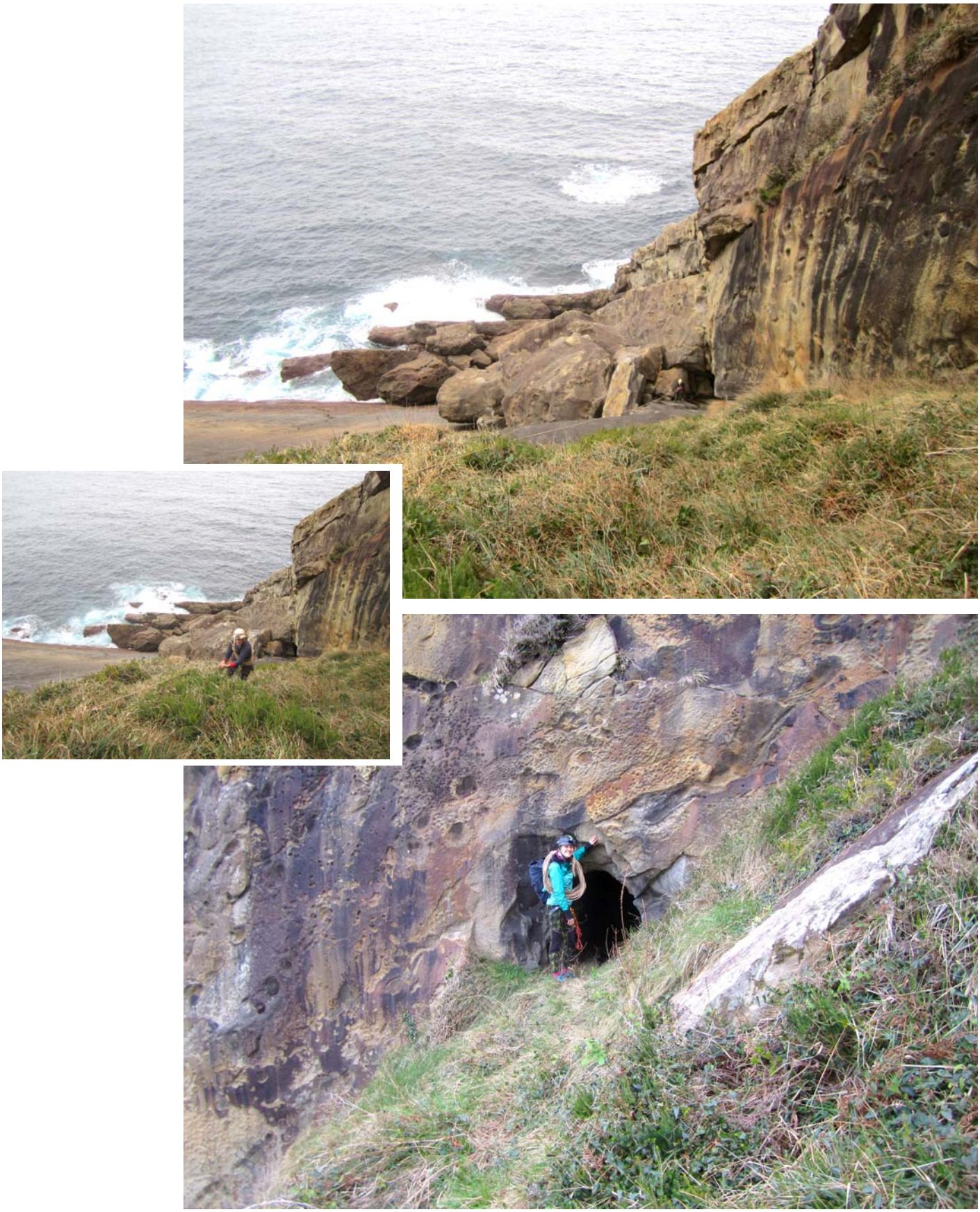
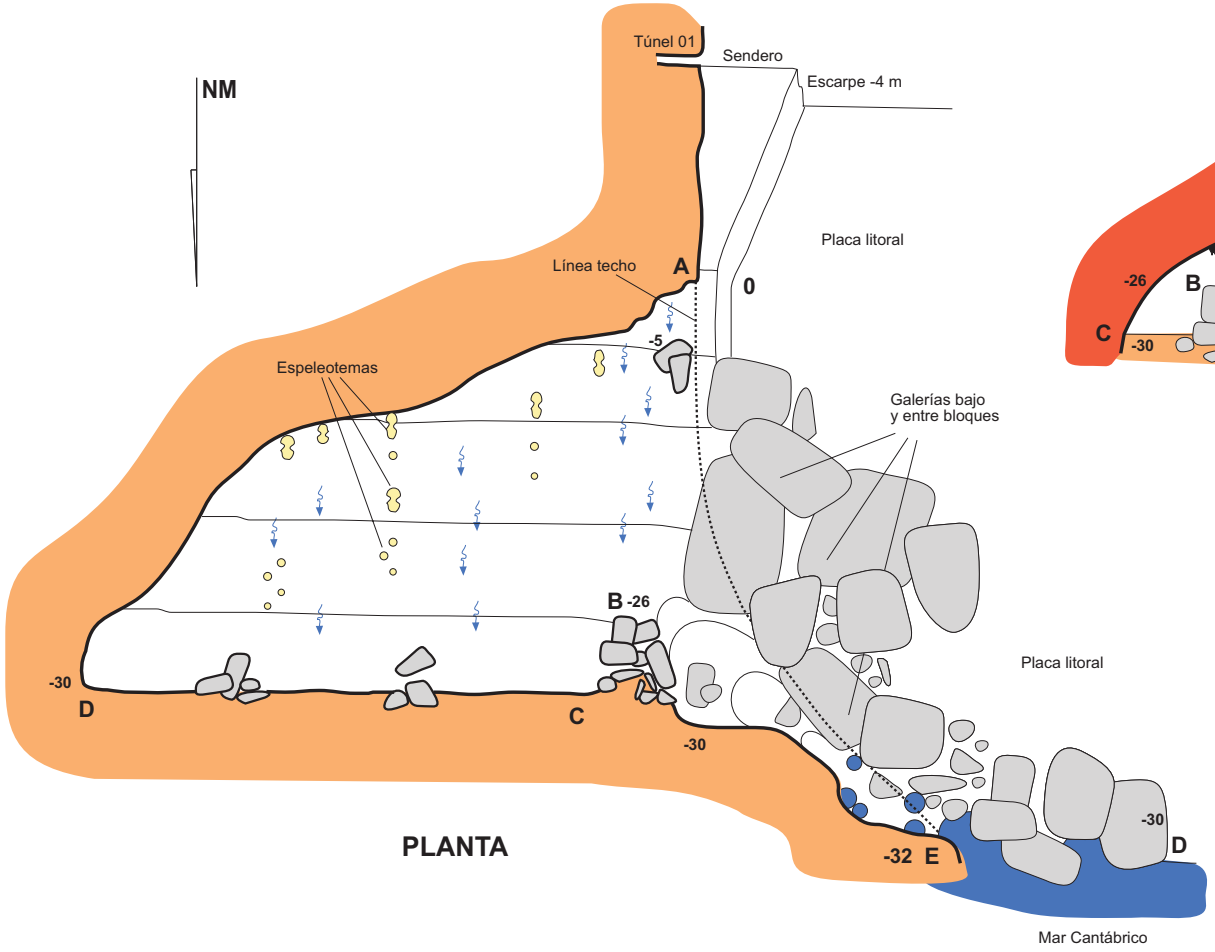
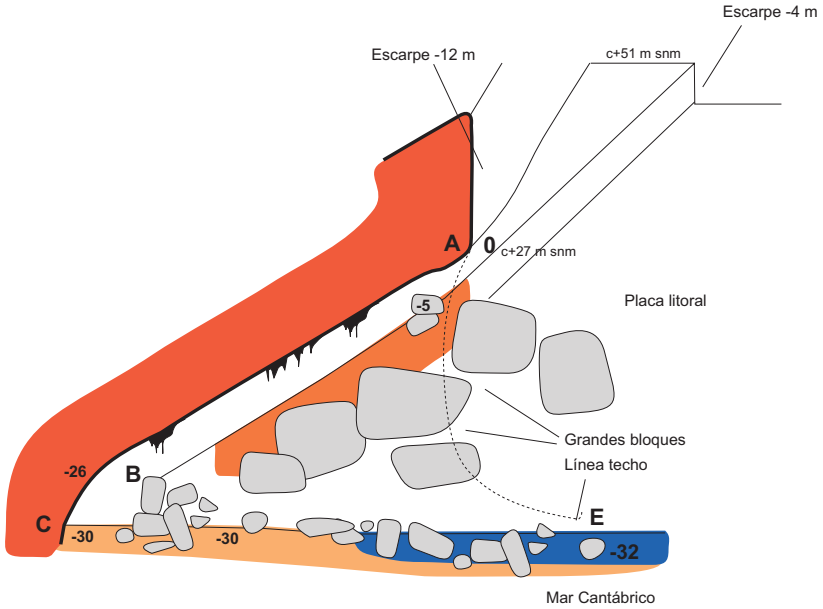


Figura 23. Ascenso en jumars del tramo de acceso, por el borde del escarpe de -4 m y boca W del túnel 01.

Figura 24. Remontando el borde de la cascada de Gran Kanto y recogiendo equipos tras una de las exploraciones.



PLANTA



PERFILES A-B-C y B-E

Sima-cueva Gran Kanto 01

10 30 50
0 20 40 m

Coordenadas ETRS89 UTM 30N:
N 4.799.289; E: 588.997; Altitud: 32 m snm.
Dimensiones: Desarrollo: 220 m. Desnivel: -32 m.
Topografía: C. Galán & J. Forstner. S.C.A. Marzo 2021.
Dibujo: C. Galán. Lab. Bioespeleología. S.C.Aranzadi.

Figura 25. Plano de la cavidad.

Figura 26. En los escarpes superiores de la placa de Gran Kanto hay numerosas cavidades con notables geoformas, formadas por repetidos eventos de disolución intergranular y precipitación de las soluciones, con intervención de procesos no-lineales de reactividad química, difusión y convección.

Figura 27. Geoformas alveolares, boxworks gigantes y precipitados rítmicos en los abrigos y cavidades de Gran Kanto. Se trata de geoformas nuevas para la Ciencia, en unos casos únicas en el mundo y en otros los más espectaculares ejemplos en su tipo. Descubiertas, estudiadas y descritas científicamente por nuestro equipo de la S.C. Aranzadi.

Figura 28. Nuestros trabajos han permitido descubrir y estudiar más de 250 cavidades y abrigos en la arenisca de Jaizkibel, con notables geoformas (boxworks gigantes, formas cordadas, bandas de Moebius, estructuras de Penélope, bandeados de Liesegang, etc.). Junto a novedosas espeleotemas, paramoudras, y raras especies cavernícolas (acuáticas y terrestres, así como formas troglobias de antiguo origen), hacen de este karst en arenisca algo excepcional, que debemos preservar.

Menos visibles pero también abundantes son los tysanuros Machiloidea (Archeognatha) de la especie *Petrobius maritimus* (Leach) (Machilidae). Es una especie litoral propia de costas rocosas, detritívoro, que frecuentemente se alimenta sobre restos de algas y despojos arrojados por las mareas, pero en Jaizkibel es muy común en las cuevas en arenisca, tanto en el litoral como a mayor altitud, donde mantiene poblaciones troglófilas que se alimentan de todo tipo de restos orgánicos.

La fauna dulceacuícola hallada en las aguas subterráneas del Túnel 01 comprende una numerosa población de anfípodos *Echinogammarus berilloni* (Gammaridae), especie oculada, común en las aguas continentales (dulces y salobres), siendo un habitante frecuente de las aguas subterráneas y sistemas de cavernas en caliza, donde puede mantener poblaciones troglófilas estables. Su alimentación omnívora incluye bacterias, cianofíceas y partículas detríticas vegetales y animales muy pequeñas.

La fauna troglobia incluye una especie acuática (stygobia) de anfípodo *Pseudoniphargus vasconiensis* Notenboom (Hadziidae) y otra rara especie stygobia de isópodo Stenasellidae, ambos representados por escasos ejemplares.

El anfípodo *Pseudoniphargus vasconiensis* pertenece a un antiguo linaje, de origen marino, que pobló las aguas subterráneas continentales (kársticas e intersticiales) en áreas que durante el pasado (Cretácico o Terciario temprano) estuvieron cubiertas por mares epicontinentales. La especie ha sido hallada en cavidades y surgencias de los karsts de Gipuzkoa (y áreas limítrofes con Navarra), generalmente a baja altitud. La especie es ciega y depigmentada y alcanza 6 mm de talla en los adultos más grandes. Tiene una alimentación omnívora, en la que alterna restos vegetales y animales de todo tipo, así como materia orgánica adherida a sedimentos arcillosos.

En el Túnel 01 *Pseudoniphargus vasconiensis* fue encontrada en bajo número sólo en un pequeño sector a mitad del túnel, en zona oscura, en el mismo biotopo que *E.berilloni.* Previamente fue hallada en condiciones similares en cavidades en arenisca, en biotopos anquihalinos en una sima del litoral de Ulía (Galán et al, 2020 a) y en la parte central del Túnel de Pasaia, en una zona con abundantes filtraciones y pavimentos estalagmíticos (Galán et al, 2020 c).

La segunda especie stygobia, hallada en el Túnel 01, es un isópodo del género *Stenasellus*, probablemente atribuible a la especie *Stenasellus virei* Dollfus (Stenasellidae). El único ejemplar colectado presenta rasgos similares a la subespecie cavernícola *S.v. hussoni,* una talla mayor (20 mm) y leves diferencias en las espinas esternales, aspecto que será comentado en la discusión.

Los *Stenasellidae* se caracterizan por su morfología primitiva, particularmente por el desarrollo de los dos primeros segmentos del pleon, cuya estructura es normal, mientras que en el resto del suborden *Asellota* estos segmentos han experimentado una fuerte reducción. Todas las especies de esta familia son estrictamente hipógeas y de gran interés; su vasta distribución geográfica (en Eurasia y Africa), junto con su consistente habitat hipógeo, sugieren para este género un origen muy antiguo. *Stenasellus* es un relicto Terciario, y más exactamente, un relicto termófilo: restos de una antigua fauna cálida, de origen marino, que sobrevivió a las glaciaciones del Cuaternario. Su área biogeográfica actual es interpretada como una recolonización reciente, a partir de las poblaciones hipógeas que sobrevivieron, y que han seguido una vía subfluvial a través del medio intersticial (Ginet & Juberthie, 1987). La población de la Sima de Padirac (Francia) p.ej., es interpretada como una recolonización del medio kárstico desde abajo hacia arriba a través de las aguas intersticiales del valle (Magniez, 1978).

Stenasellus virei, la más antigua especie conocida del género, habita en cuevas y en el medio hypotelminorheico, y como todas las especies del grupo posee una morfología elongada, especialmente apta para desplazarse entre granos de arena. A través de este habitat encuentra una vía adecuada para seguir a través de los ríos subterráneos hasta alcanzar los gours, que es su biotopo preferido en el interior de las cuevas. Magniez (1978) ha destacado la enorme duración de todas las fases de su ciclo de vida y una longevidad extraordinaria (12-15 años), la mayor entre todos los *Asellota,* incluyendo las formas hipógeas.

La familia *Stenasellidae* está representada en Guipuzkoa por dos especies estrictamente stygobias, cavernícolas-freáticas, de 6 a 13 mm de talla, ciegas y depigmentadas. Son de hábitos micrófagos y se las encuentra preferentemente en gours con fondo arcilloso. *Stenasellus breuili* es una especie endémica del País Vasco, sólo conocida de las cuevas de Astiz o Akelar (sinclinal central de Aralar) y de Aitzkirri (macizo de Aitzgorri). *Stenasellus virei* era conocida de cuevas pirenaicas y de la Sima de Padirac y otras cavidades del Sur de Francia; en la década de 1960 fué colectada por nosotros en la Cueva de los Longinos (Estella, Navarra) y en la Cueva de Altxerri (Orio, Guipuzkoa), esta última localidad en calizas de edad Maastrichtiense-Danés, a baja altitud (25 m snm) y relativamente muy cerca de la costa (Galán, 1993). Dichas calizas afloran en una banda delgada que infrayace al Sur a los términos basales de la Formación Jaizkibel pero sin alcanzan el mar.

Esto permite postular la hipótesis de que la colonización de las aguas del karst en caliza, en este caso, pudo producirse tanto a través del intersticial de los valles como de los acuíferos subterráneos en las areniscas Eocenas en contacto con el mar.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las cavidades descritas en esta nota forman un pequeño sistema kárstico en arenisca, que incluye túneles artificiales y cavidades naturales. El sistema se desarrolla sobre una zona de borde de escarpes laterales de una placa costera en chevron, a expensas de una red de fracturas verticales de descompresión mecánica y planos de estratificación ampliados por disolución.

El grado medio de arenización de la roca-caja en el interior de las cuevas y túneles, y la ocurrencia de una alta diversidad de espeleotemas y depósitos detríticos arenosos, prueba que la disolución intergranular es el mecanismo genético fundamental que comanda la karstificación de la arenisca. Los planos de estratificación ampliados facilitan el desarrollo de procesos clásticos mecánicos (para compensar los déficits de carga), con rotura de los estratos y deslizamiento de los bloques y tramos desprendidos.

Los componentes disueltos por las aguas de infiltración y la reactividad química de las soluciones en el interior del acuífero, a tenor de las condiciones dinámicas y de equilibrio, pueden permitir que se alcance la sobresaturación y precipitación de distintos minerales secundarios formadores de espeleotemas.

Las cavidades presentan biocenosis de fauna variablemente cavernícola, poco modificada, que podrían incluirse en la categoría ecológica de troglóxenos y troglófilos (Vandel, 1965; Juberthie, 1983; Galán, 1993), pero también algunas raras especies stygobias. La presencia, a distintas escalas, de cavidades de este tipo en las areniscas del flysch Eoceno, es muy común y hacen de este karst en arenisca un medio subterráneo extenso, que alberga y sirve de refugio a numerosas formas de vida. Los cavernícolas especializados (= troglobios) poseen algunos taxa entre la fauna acuática y terrestre en otras cuevas y túneles de la región, en la misma formación, con interesantes especies de anfípodos, isópodos, hirudineos Gnatobdellida, Chilopoda, Diplopoda y Collembola. Un espectro que podría ampliarse con estudios más detallados sobre la micro y meiofauna de estos ambientes.

Por otro lado, la ocurrencia de films orgánicos en zonas de penumbra y en oscuridad total, indican la presencia de comunidades bacteriales cuya producción primaria y actividad metabólica puede controlar, influir y/o mediar en la génesis de distintos tipos de espeleotemas y precipitados minerales. De hecho, las espeleotemas de ópalo-A son de claro origen biogénico.

Otro aspecto de interés lo constituye la presencia de anfípodos e isópodos stygobios, que deben ocupar un hábitat más extenso en los acuíferos subterráneos. Su presencia en los túneles de Gran Kanto, Pasaia y/o Lezo indican que han colonizado las cavidades a partir de acuíferos en comunicación con el mar.

Los *Stenasellus* cavernícolas suministran muy buenos ejemplos en Biología evolutiva, sobre el papel desempeñado por las constricciones o discontinuidades en el desarrollo, implicadas en la divergencia filogenética entre diferentes linajes a partir de un ancestro común. Discontinuidades menores son debidas a la adaptación diferencial al ambiente: picos discretos en el relieve adaptativo; pero otras no son debidas a la selección ambiental sino a factores internos: las llamadas *constricciones de desarrollo* (Alberch, 1982; Alberch et al, 1979; Maynard Smith et al., 1985). Estas son, posiblemente, las menos conocidas. La genética de poblaciones describe el destino de variaciones una vez que se han formado, pero no predice cuáles variaciones serán formadas y cuáles no. La mayoría de las constricciones de desarrollo no son debidas a principios físicos ni a la acción de los genes, sino que son productos de la evolución y son por ello contingentes (Galán, 2010).

El sistema de desarrollo puede haber sido canalizado diferencialmente en diferentes taxa, por lo que se pueden formar diferentes variaciones. Los *Stenasellus* cavernícolas proveen un claro ejemplo. Las especies de *Stenasellus* poseen 2 espinas esternales o sólo una en los dactilopodios de los pereiópodos 2 á 7. *Stenasellus virei* (del País Vasco y región nord-Pirenaica) ejemplifica el modo de aparición de la segunda espina. En la subespecie freática *S.v.virei* todos los pereiópodos (desde el 2 hasta el 7) tienen 2 espinas en los adultos; su fórmula es: 222.222. Por el contrario, la subespecie troglobia *S.virei hussoni* es 111.111. No obstante, en algunas cuevas de los Pirineos franceses, las poblaciones de *S.v.hussoni* incluyen algunos ejemplares muy viejos y grandes; éstos muestran algunas veces, pero sólo en algunos de los pares de pereiópodos, 2 espinas. Por tanto, en estos ejemplares de edad progresivamente mayor, la fórmula típica de la subespecie *S.v.h*. (111.111) se transforma en 211.111, luego en 211.211, a continuación en 221.221 y, en raros casos, esta evolución conduce a 222.222, la misma que en la subespecie típica.

Por lo tanto, la diferencia en este carácter entre *S.v.v*. y *S.v.h*. no reside en que la primera tenga 2 espinas y la segunda sólo una, sino en el hecho de que en *S.v.v*. la segunda espina aparece siempre, en todos los ejemplares, y tempranamente en su desarrollo, mientras que en *S.v.h*. la formación de la segunda espina está fuertemente retrasada en su ontogénesis. El retraso es tan grande que la segunda espina no llega a formarse en la mayoría de los ejemplares, y se forma sólo en raras ocasiones en ejemplares de gran edad y talla, y sólo en parte de sus pereiópodos.

Esto indica que el mecanismo genético responsable de la formación de las espinas esternales es funcional en *S.v.v*. y está reprimido o inhibido en la forma troglobia *S.v.h*. (Magniez, 1983). En otros caracteres de *Stenasellus* se presentan casos análogos al descrito. En consecuencia, las diferencias de desarrollo que han evolucionado en estos taxa determinan las variaciones que pueden formarse y resultar fijadas durante su evolución (Galán, 2010). El ejemplar de *S.virei* de Gran Kanto parece corresponder a la subespecie cavernícola *S.v.hussoni*, pero debe tratarse de un ejemplar de gran edad y talla, ya que presenta en algunos pereiópodos 2 espinas. Esto sugiere a su vez una larga estadía en las aguas subterráneas, con tendencia al gigantismo, dado el crecimiento continuo que estos anfípodos experimentan a lo largo del tiempo (de su ciclo de vida).

Sería interesante al respecto realizar investigaciones adicionales, pero la dicultad de acceso y la falta de financiamiento para realizar estudios en Biología subterránea, hace que presentemos por ahora estos simples resultados. En todo caso novedosos y que extienden el número de localidades conocidas para estas raras especies troglobias, auténticos fósiles vivientes (en la acepción de: Vandel, 1965), y relictos del Terciario.

La sima-cueva de Gran Kanto provee ejemplos de interés hidrogeológico, ya que es posible observar en su interior la ocurrencia de numerosas circulaciones hídricas inter-estratos y por percolación de las aguas subterráneas intergranulares, asociadas éstas a la génesis de voluminosas estalactitas y estalagmitas de calcita, algo inusual en el karst en arenisca. La amplitud de su sala interna, su localización en la zona de borde de un escarpe de una placa litoral, unida a su dificultad de acceso, hacen de éste un paraje salvaje, de singular belleza e interés científico.

Otra prueba de ello lo constituyen nuestros descubrimientos en los escarpes superiores de la placa de Gran Kanto (muy cerca del área de estudio), de numerosos abrigos, pequeñas cavidades y extravagantes geoformas, formadas por repetidos eventos de disolución y precipitación en el interior del acuífero intergranular en la arenisca (Figuras 26 á 28). Muchas de ellas resultaron nuevas para la Ciencia, únicas en el mundo, y consituyen ejemplos excepcionales a nivel global (Galán & Nieto, 2012; Galán et al, 2013 a).

Los datos expuestos permiten concluir que en las areniscas de Jaizkibel se desarrollan interesantes procesos de karstificación y espeleogénesis, con múltiples e interesantes rasgos biológicos y ecológicos, que incluyen la presencia de especies troglobias, endémicas y relictas. Restos de una antigua fauna de tipo tropical, hoy extinta en superficie, que sobrevivió en el medio subterráneo a los cambios, se ultraespecializó y aún pervive oculta en este curioso y fragmentario karst en arenisca.

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. De modo especial a Iñaki Pikabea y Garbiñe Albisu, quienes aportaron la localización de estos túneles y nos acompañaron en las primeras prospecciones, junto a Marian Nieto. A Juliane Forstner, Anabella Besance y Egoitz Gabilondo, por su contribución en las exploraciones y prospecciones sucesivas. A dos revisores de Biosphere Consultancies y S.C. Aranzadi por sus correcciones y útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

Alberch, P. 1982. Developmental constraints in evolutionary processes. In: Bonner, J. (ed.), Evolution and development. Dahlem Conf.Report nº 20, Berlin, pp: 313-332.

Alberch, P.; S: Gould; G. Oster & D. Wake. 1979. Size and shape in ontogeny and phylogeny. Paleobiology, 5: 296-317.

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. 2010. Evolución de la fauna cavernícola: mecanismos y procesos que explican el origen de las especies troglobias. Bol. SVE, 44: 22 pp + Pag 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 con audiovisual en Power point. Hondarribia, Expo. Flysch C.Vasca, 10-05-13 & Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 82 pp.

Galán, C. 2017. Fauna cavernícola en zona litoral en la arenisca de Ulía (Formación Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 30 pp.

Galán, C. & 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.; 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 a. 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 b. 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.; I. Herraiz & M. Nieto. 2020 a. 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 & G. Albisu. 2020 b. El sistema de simas en arenisca de Basotxiki (Pasaia, Formación Jaizkibel). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 28 pp.

Galán, C.; M. Nieto & G. Albisu. 2020 c. 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.

Ginet, R. & C. Juberthie. 1987. Le peuplement animal des karsts de France (Eléments de biogéographie souterraine pour les Invertébrés). Premiére partie: la faune aquatique. Karstologia, 10:43-51.

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.

Magniez, G. 1978. Les Stenasellides de France (Crustacés Isopodes Asellotes souterrain): faune ancienne et peuplements récents. Bull. Soc. Zool. France, 103(3): 255-262.

Magniez, G. 1983. Biogéographie et paléobiogéographie des Sténasellides (Crustacés Isopodes Asellotes des eaux souterraines continentales). Mém. Biospeol., 10: 187-191.

Maynar Smith, J. et al. 1985. Developmental constraints and evolution. Quart. Rev. Biol., 60: 265-287.

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.

Vandel, A. 1965. Biospeleology: The Biology of Cavernicolous Animals. Pergamon Press, Oxford, 524 p.