

**BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA E HIDROGEOLOGÍA DE UNA CUEVA-MINA DE 487 m EN CALIZAS DOLOMÍTICAS
NEGRAS DEL LÍAS (JURÁSICO) EN EL MONTE GAZUME (PAÍS VASCO).**

Subterranean biology and hydrogeology of a 487 m cave-mine in black dolomitic limestones from the Lías (Jurassic)
on mount Gazume (Basque Country).



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

BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA E HIDROGEOLOGÍA DE UNA CUEVA-MINA DE 487 m EN CALIZAS DOLOMÍTICAS NEGRAS DEL LÍAS (JURÁSICO) EN EL MONTE GAZUME (PAÍS VASCO).

Subterranean biology and hydrogeology of a 487 m cave-mine in black dolomitic limestones from the Lías (Jurassic) on mount Gazume (Basque Country).

Carlos GALÁN & Marian NIETO.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Mayo 2022.

RESUMEN

En la parte NE del monte Gazume (Gipuzkoa, País Vasco) se encuentra un afloramiento de caliza dolomítica negra con pasadas de carniolas de edad Jurásico (Lías), donde se explotó a principios del siglo 20 un grupo de cinco minas, para la extracción de minerales de hierro, los cuales eran transportados por vagones y un cable aéreo de 11,4 km hasta un punto de embarque en la costa de Zarauz. Las minas llamaron nuestra atención por presentar zonas inundadas habitadas por tritones, salamandras y anuros, así como por servir de refugio a quirópteros e invertebrados cavernícolas. La mayor de las minas intercepta en el subsuelo una cavidad natural en caliza, sin comunicación previa con superficie, que totaliza 487 m de desarrollo de galerías y -27 m de desnivel. La cavidad, recorrida por un pequeño río subterráneo, posee diversas espeleotemas y un conjunto de especies cavernícolas, incluyendo ocho especies troglóbias. El trabajo describe la cavidad y su fauna.

Palabras clave: Espeleología física, Karst en caliza, Hidrogeología, Espeleotemas, Fauna cavernícola, Ecología subterránea.

ABSTRACT

In the NE part of Mount Gazume (Gipuzkoa, Basque Country) there is an outcrop of black dolomitic limestone with carniolas streaks of Jurassic age (Lías), where a group of five mines was exploited at the beginning of the 20th century, for the extraction of iron ores, which were transported by wagon and an 11.4 km aerial cable to a loading point on the coast of Zarauz. The mines caught our attention for presenting flooded areas inhabited by newts, salamanders and anurans, as well as for serving as a refuge for bats and cave-dwelling invertebrates. The largest of the mines intersects a natural limestone cavity in the subsoil, without prior communication with the surface, which totals 487 m of development of galleries and -27 m of unevenness. The cavity, crossed by a small underground river, has various speleothems and a set of cave species, including eight troglitic species. The work describes the cavity and its fauna.

Key words: Physical Speleology, Limestone karst, Hydrogeology, Speleothems, Cave fauna, Underground Ecology.

INTRODUCCION

El monte Gazume (1.006 m snm de altitud) constituye un sinclinal volcado, que es la continuación occidental del sinclinal de Ernio, y tiene una dirección NW-SE, formando parte del Anticlinorio N del Arco Plegado Vasco, prolongación de los Pirineos en la región (Jerez et al, 1971; Campos, 1979; Boillot & Malod, 1988; Rat, 1988; Galán, 1993). El núcleo del sinclinal colgado de Gazume está integrado por una potente secuencia Supraurgoniana de lutitas con niveles areniscosos, la cual está flanqueada por materiales carbonatados fundamentalmente del complejo Urganiano (de edad Cretácico temprano) y del Jurásico en su parte NE.

En 2021 exploramos un conjunto de simas y minas en los sectores de Elkomen txiki y Azulegi, en la parte Sur del Gazume, en caliza Urganiana (Galán et al, 2021a, 2021b). Los trabajos mostraron que muchas galerías de mina interceptaban simas y cuevas naturales, sin comunicación previa con superficie. En otras prospecciones en minas en terrenos Paleozoicos no-kársticos (Galán, 2021), hallamos especies troglóbias procedentes de un medio hipógeo profundo constituido por mesocavernas y vacíos menores. En este trabajo prospectamos en detalle una mina-cueva en caliza dolomítica de edad Jurásico en la parte NE del monte Gazume. La cavidad natural no tenía comunicación previa con superficie y fue interceptada al perforarse la galería minera, que atraviesa la caliza siguiendo un filón de óxidos de hierro (hematita) incluido en la caliza. Exploraciones anteriores, efectuadas en 2001-2002, permitieron observar en la cavidad la presencia de quirópteros, tritones, salamandras, anuros y diversos invertebrados, por lo que nos pareció de interés efectuar en ella un estudio biológico y ecológico detallado.

MATERIAL Y METODOS

En la exploración de la cavidad sólo fue necesario utilizar técnicas de escalada y cuerda de seguro. La topografía fue efectuada con instrumental de precisión Suunto y el plano de la misma fue dibujado en programa Freehand. La cavidad fue muestreada en detalle, con empleo de cebos atrayentes y malla de plancton. El material biológico colectado fue preservado en etanol 75% y fue identificado en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Varias muestras de la roca-caja y espeleotemas fueron estudiadas mediante sus propiedades físico-químicas y analítica DRX. Los datos descriptivos son complementados con fotografía digital.

RESULTADOS

La cueva objeto de estudio se localiza en un sector del monte Gazume, cercano al alto de Andazárrate. El sector llamó nuestra atención por la existencia en él de un conjunto de minas de hierro (Minas de Andazárrate o Minas de Asteasu), una de las cuales intercepta una cavidad natural, catalogada en 1969 y explorada en su mayor parte en 2001-2002.

Este conjunto de minas fue explotado durante las dos primeras décadas del siglo 20 (1905-1924). El material extraído era transportado en vagones y a través de un teleférico de cable -de 11,4 km- hasta un punto de embarque en las rocas de la costa de Zarauz (cargadero de Mollarri). Las minas beneficiaron vetas de mineral de hierro o hematita de la variedad oligisto. Este mineral es un óxido de hierro de fórmula química Fe_2O_3 , de color pardo rojizo muy variable (desde rojo brillante y ocre, hasta gris acero y negro), raya roja y lustre de metálico a mate. Cristaliza en el sistema trigonal, tiene una dureza de 5-6 en la escala de Mohs, densidad de 5,27 g/cm³, y se disuelve lentamente en ácido clorhídrico. En estado puro contiene 69% de hierro, pudiendo contener trazas de titanio, aluminio, manganeso y agua.

La hematita aparece en depósitos de metasomatismo de contacto, suele tener origen hidrotermal o ser un producto de la meteorización de rocas ferruginosas. La hematita constituye la mena más importante de hierro. El metasomatismo es un proceso geológico que corresponde a la sustracción o adición de componentes químicos a una roca mediante fluidos acuosos, estando la roca en estado sólido (su volumen permanece constante) (Zharikov et al, 2007). Se considera un tipo de metamorfismo, en este caso asociado a vetas metalíferas, por difusión de fluidos procedentes del frente cabalgante.

En el sector de Andazárrate las amplias vetas de hematita que hay en el lugar se extienden entre las calizas dolomíticas de la base del Lías. Las minas que seguían las vetas presentan varias bocas a ambos lados de un pequeño arroyo. Muchas de las galerías actualmente se encuentran inundadas o colapsadas.

La explotación de las minas correspondió primero a la *Société Anonyme des Mines Métalliques de Tolosa* y, posteriormente, a la *Compañía Minera de Álava y Guipúzcoa*. El mineral de hierro extraído se transportaba mediante un cable aéreo diseñado por el ingeniero alemán Guillermo Valh, hasta el monte Talaia (Zarauz), donde se construyó el depósito de Malla Arria (Mollarri). Mediante tres estaciones intermedias para los malacates de tracción y 112 torretas de sustentación con sus correspondientes caballetes, se salvaban 370 m de desnivel durante los 11,4 km de recorrido del cable aéreo. Una corta instalación tipo Decauville completaba el transporte de mineral por medio de vagones desde el depósito hasta el cargadero Mollarri, de tipo Cantilever. Funcionó hasta 1923, un año antes del cierre definitivo de las minas. Las dificultades de transporte, sobre todo en el cargadero de Mollarri (sobre rocas en mar abierto y con riesgo de encallamiento para los barcos) influyeron en la corta vida productiva de estas minas. Las torretas fueron desmanteladas y trasladadas para su uso a otro lugar (probablemente en *Cementos Arrona*).

Con las referencias de 1969 de la existencia de una cueva en el interior de una de las galerías mineras, en 2001-2002 exploramos un conjunto de cinco minas, localizando la cavidad, que denominamos Andazarrateko koba. Describiremos primero el grupo de cuatro minas para luego centrar el trabajo en la quinta, que constituye una cavidad mixta: la mina-cueva de Andazarrate.

CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

El extenso macizo kárstico Ernio-Gazume-Pagoeta, constituye estructuralmente un sinclinal volcado y complejo, con numerosos pliegues menores y subdividido en distintas unidades hidrogeológicas. En el monte Gazume, su flanco normal NE está recortado por un cabalgamiento con un frente sinuoso (borde cabalgante Zestoa - Aia). Los materiales carbonáticos del Cretácico temprano y del Jurásico, cabalgan en este frente a las formaciones Supraurgonianas y del Cretácico tardío, situadas al N y NE.

En el contacto cabalgante las arcillas del Keuper (Triás) afloran en una estrecha banda que constituye el nivel de despegue. Estas arcillas conforman una brecha tectónica de materiales Triásicos (arcillas abigarradas, cantos del Permotriás y ofitas) y constituyen el nivel impermeable basal para las aguas infiltradas en las calizas Jurásicas suprayacentes.

En el sector objeto de estudio, situado al Sur del alto de Andazárrate, la parte basal del Jurásico está constituida por calizas dolomíticas, carniolas y brechas intraformacionales de unos 200-250 m de potencia, donde ocasionalmente se diferencian niveles de calizas margosas y calizas bioclásticas. Por encima aparece un nivel de margas y calizas limosas, a las que suprayacen limolitas y areniscas micáceas rojas. El Jurásico terminal conforma un tramo de 70-100 m de potencia de calizas micríticas tableadas.

Las cavidades objeto de estudio se localizan en un tramo constituido por calizas dolomíticas negras y pasadas de carniolas del Lías inferior (Lías calizo dolomítico, Jurásico basal), que suprayace a la brecha tectónica de materiales Triásicos. El buzamiento de las capas es de 35° SW. El sector conforma una pequeña unidad hidrogeológica, con un área de recarga de 2 km², que drena hacia la surgencia de Intxausti, situada al Sur (a 340 m de altitud) en el valle de Usarrobi, en el contacto con el frente del cabalgamiento. El caudal de esta surgencia varía entre 2-3 l/s en estiaje hasta 50 l/s en períodos de crecida, y está captada para el abastecimiento del pueblito de Larraul, cercano a Asteasu (EVE, 2000).

Es oportuno recordar que las carniolas son un tipo de roca sedimentaria porosa, carbonatada y evaporítica, que suele presentar vacuolas y brechas. Su color es pardo amarillento y se presenta en masas poco estratificadas de aspecto ruiniforme. Se forma por precipitación de calcita y dolomita (mayoritarias) e hidróxidos de hierro, intercalados con yeso o anhidrita, cuya disolución parcial deja huecos de bordes angulosos. Las carniolas se originan en las cercanías de aguas salinas con circulación restringida, bajo un clima cálido, con posterior disolución de las sales y yeso durante la diagénesis, lo que genera una textura vacuolar. El término se utiliza para las dolomías brechoides de la base del Lías (Jurásico temprano).

DESCRIPCION DE LAS MINAS

Los datos que presentamos sobre el grupo de minas corresponden a las salidas de 2001-2002, en época invernal. Las minas están situadas a entre 50 y 100 por encima y al SW de la mina principal, y fueron revisadas sumariamente, tras terminar la exploración de la mina-cueva de Andazarrateko koba, la más extensa de ellas y que será descrita en el siguiente apartado. En estas salidas participaron C. Galán, Marian Nieto, Sandrine Coissard, Eric Leroy y Jon Laskibar, y está incluida en la base de datos del Catálogo Espeleológico de Gipuzkoa un croquis de situación y descripciones de todas ellas. Este grupo de cuatro minas está situado en un nivel superior, en terrenos más margosos, del Lías superior-Malm. En una de ellas se observan limolitas ocreas (de tonos rojizos hasta amarillentos) como roca-caja.

La mina 1 es un túnel semi-inundado y recto, con sección de 1,8 m de ancho x 2,2 m de altura, y 50 m de largo. Tiene un tramo inicial de 20 m con 70 cm de agua (es necesario mojarse), al que siguen otros 30 m con 5-10 cm de agua; sólo los 3 m finales son secos y en este punto se observó guano de quirópteros. Entre la fauna acuática se observó la presencia de tritones.

La mina 2 es algo más ancha y tras una ampliación con un cono de derrumbe (y algunas concavidades en caliza con pequeñas espeleotemas) se alcanza una poza donde el agua cubre más de 1,5 m. La poza tiene unos 15 m de largo y aparentemente prosigue la galería. La cavidad tiene instalada una manguera para captar agua hacia un caserío cercano. En la mina observamos guano y dos ejemplares vivos de *Rhinolophus ferrumequinum*. Colectamos fauna troglóxena de opiliones, isópodos y arácnidos, observando además una salamandra, lepidópteros *Triphosa* y *Scoliopteryx*, dípteros *Aedes sp.*, y élitros de tricópteros. El desarrollo estimado es de 35 m.

La mina 3, tapada por ramas, es un socavón en rampa de 3 m de desnivel y 5 m de desarrollo, terminada en salita o ampliación donde un derrumbe cierra el paso. La mina 4, también de boca descendente tapada por ramas, tiene 10 m, fauna troglóxena similar y restos de guano. La temperatura ambiente de estas cavidades es de 10-12°C y la del agua algo inferior, en torno a 8°C. Las especies colectadas de fauna, identificadas en laboratorio, también están presentes en la mina-cueva de Andazarrate.

DESCRIPCIÓN DE LA MINA-CUEVA DE ANDAZARRATE

Andazarrate ko koba. Nº Cat: 364. TM: Asteasu. Macizo de Ernio. Monte Gazume.

Situación: a 520 m al Sur del Alto de Andazarrate (carretera Billabona-Orio).

Coordenadas ETRS89, UTM30N: E 570.244; N 4.783.140; altitud 486 m snm. Mapa Fuente: SIG b5m.

Dimensiones: Desarrollo 487 m. Desnivel: 27 m (+3 m; -24 m). Plano en Figura 01. Morfología y fauna en Figuras 02 a 28.

Tipología: Se trata de la mayor cavidad encontrada en el sector de las minas de Andazarrate. La cavidad es una mina artificial que intercepta una cueva natural, sin comunicación previa con la superficie. Constituye una cavidad mixta (mina-cueva) de 487 m de desarrollo y -27 m de desnivel, de los que 300 m corresponden a la cavidad natural (cueva-sima) y 187 m a la galería minera. En ella centramos el trabajo de prospección biológica detallada, con empleo de cebos atrayentes, en salidas sucesivas a comienzos de primavera (abril de 2022). En estas salidas, en las que se concluyó la exploración de pequeños laterales e incógnitas, participaron Carlos Galán, Marian Nieto y Jim Daza, y la colaboración de Ainhoa Miner. Los resultados geo-biológicos obtenidos son expuestos con mayor detalle tras la descripción.

Descripción: La cavidad se inicia en una bocamina que da paso a una galería de mina rectilínea y horizontal, con sección de 1,8 m de ancho x 2,2 m de alto, y una longitud de 154 m. En su parte final se bifurca en dos ramales, de 24 m y 9 m, obstruidos por derrumbe. El desarrollo de la galería minera alcanza así 187 m. En el suelo de la misma se conservan restos de madera y raíles de hierro de una vía para vagonetas utilizada para la extracción del mineral. La galería perfora las calizas y presenta tramos con espeleotemas. El suelo, en parte arcilloso, tiene en su mitad interior un canal de drenaje lateral, con 10 cm de agua y leve flujo.

En estos cuerpos de agua habitan algunos tritones y numerosas larvas y juveniles de salamandras y anuros, encontrándose también algunos ejemplares adultos. La fauna troglóxena de invertebrados es similar a la de las otras minas, con abundancia de arácnidos, lepidópteros y algunos dípteros. En la cueva encontramos pequeños acúmulos de guano y cuatro ejemplares de quirópteros (distribuidos a lo largo de la galería principal) de dos especies: *Rhinolophus ferrumequinum* y *Rhinolophus hipposideros*. En salidas en años anteriores se encontraron hasta tres ejemplares de *R. ferrumequinum* en la galería de mina.

La cueva es interceptada por la galería de mina a 70 m de distancia de la boca de ésta, y presenta dos continuaciones. La del lado Norte (lado derecho, según se entra) conduce casi de inmediato a una sala con una sima. La sima totaliza -10 m de desnivel y puede descenderse destrepando sin cuerda. Se bifurca en dos continuaciones descendentes y con espeleotemas que conducen a dos arrastraderos inferiores; ambos se comunican y prosiguen en meandro estrecho que se torna impracticable. Esta zona es el origen de la pequeña corriente de agua que reaparece en la galería Sur. En la misma sala, tras bajar el primer resalto, de -3 m, se puede escalar hasta una galería colgada a mano izquierda; ésta tiene un desarrollo horizontal de 20 m y acaba en una salita con chimenea ascendente, donde se encontraron quirópteros en 2001. Otra galería colgada ascendente, en la parte frontal de la sala, requiere una escalada de cornisa, delicada y expuesta, y presenta una corta continuación ascendente.

La galería del lado izquierdo (Sur) es descendente, decorada con diversas e interesantes espeleotemas de calcita, aragonito y yeso. Al cabo de unos 40-50 m de recorrido la galería se transforma en meandro con sección en ojo de cerradura. El meandro, inicialmente es una grieta estrecha de 4 m de desnivel, que desciende hasta tener 10 m de desnivel, con la parte más amplia a nivel del techo y un cauce entallado a nivel del suelo. Recorriendo el meandro a media altura se aprecia que el fondo es recorrido por un pequeño río subterráneo, progresivamente más caudaloso, que conduce todo el drenaje local hacia el interior del macizo.

El meandro, tras un descenso en escalada de -4 m, desemboca al cabo de 30 m en dos salas sucesivas, bajo cuyos rellenos (de bloques, arcilla y espeleotemas) circula el cauce. Tras pasar las salas prosigue en arrastradero que da paso a una galería descendente en la que reaparece el río. Tras un recorrido de 50 m la galería se estrecha de nuevo y un derrumbe obstruye el paso. La parte final alcanzada es la cota -24 m (con respecto a la mina). Adicionalmente, puede remontarse la galería del río bajo la sala anterior unos 30 m, y también puede seguirse desde la sala el meandro hacia abajo unos 10 m, pero la estrechez del conducto impide el paso entre las dos partes; en ambos casos existen varias comunicaciones ascendentes con las galerías y salas superiores, ya que en realidad el curso activo, aunque es un meandro muy estrecho, va continuamente por debajo de la galería principal. Lo disgregable de las calizas ha hecho que se produzcan derrumbes y ampliaciones a nivel de la galería superior.

También hay una continuación ascendente siguiendo por el fondo del meandro, aguas arriba de la primera sala y tras pasar el acceso en escalada a la parte superior, que, aunque tortuosa, puede seguirse por espacio de algo más de 20 m. El desarrollo total de la cueva es de 300 m, correspondiendo 193 m al eje de la galería principal y 107 m a pequeños laterales. El desnivel total es de 27 m (+3; -24). En conjunto, la mina-sima comprende 487 m de desarrollo de galerías.

Destaca a lo largo de la cueva la ocurrencia de numerosas espeleotemas de calcita y de aragonito, y eflorescencias de yeso. El aragonito genera formas aciculares finas sobre la extremidad de estalactitas de calcita. Las espeleotemas de calcita, aparte de sus formas normales de estalactitas, estalagmitas y coladas estalagmíticas, se presentan también con formas coraloidales, globulares y digitiformes. Algunas presentan combinaciones de calcita y aragonito. Particularmente llama la atención el crecimiento de miles de pequeñas estalagmitas globulares creciendo sobre coladas. Hay también en la galería descendente y primera parte del meandro, algunos tramos que fueron gours o lagunas (hoy secas) que conservan orillas estalagmíticas expandidas a un mismo nivel.

Al inicio de las salas hay tramos de carniolas con numerosos nódulos de óxidos de hierro, microlitos de cuarzo y ofitas verdosas y negras, que al progresar la disolución han dejado rellenos detríticos de pequeños guijarros de estas últimas rocas.

En algunas partes de la cavidad la roca caja parece un conglomerado. Se aprecia que el trazado de la cavidad ha seguido varias etapas de incisión del cauce subterráneo en el meandro activo, pero con complejos episodios de colmatación y reexcavación. En niveles altos hay por ejemplo grandes depósitos de sedimentos arcillo-arenosos, reexcavados, bloques hundidos y desplazados con varias etapas de recubrimiento de espeleotemas, terrazas a distintos niveles y un largo etcétera. La galería superior es un antiguo cauce que ha sido ampliado por colapso, mientras progresaba la excavación del meandro inferior; las espeleotemas parecen datar de distintas épocas, hasta la actual, y en las zonas altas más secas hay numerosos crecimientos de excéntricas.

Actualmente la cavidad recibe aguas de infiltración de la superficie sobre ella y también capta parte del agua del drenaje de la galería minera. La cabecera de la red hídrica de la cavidad la constituye la sala y galerías colgadas del lado Norte, donde se aprecian altas chimeneas en caliza gris muy compacta con formas de corrosión.

La temperatura ambiente en el interior de la cueva-mina es de 10°C y la temperatura del agua en el río subterráneo (en abril de 2022) es de 8°C. La atmósfera subterránea posee una elevada humedad relativa (100%). Las aguas subterráneas que emergen en la surgencia de Intxausti son bicarbonatadas cálcicas, algo mineralizadas, con 180 mg/l de bicarbonatos, 56 mg/l de Ca²⁺, 5 mg/l de Mg²⁺, 17 mg/l de SO₄²⁻, 3 mg/l de SiO₂, pH de 8,05 y una conductividad de 290 µS/cm (EVE, 2000).

La cavidad natural que intercepta la galería de mina se desarrolla en una banda de calizas de edad Jurásico que se extiende desde el alto de Andazárrate y el monte Karea hasta el valle de Usarrobi. El drenaje subterráneo se dirige hacia el Sur, con surgencia en el antes citado manantial de Intxausti, a cota 340 m snm y a 1 km de distancia, salvando un desnivel entre la cavidad y la surgencia de 146 m. Por la litología y topografía de la zona, la cueva recoge la abundante infiltración de la serie Jurásica y del Purbeck-Weald suprayacente.

Figura 01: Plano de la mina-cueva de Andazarrate.

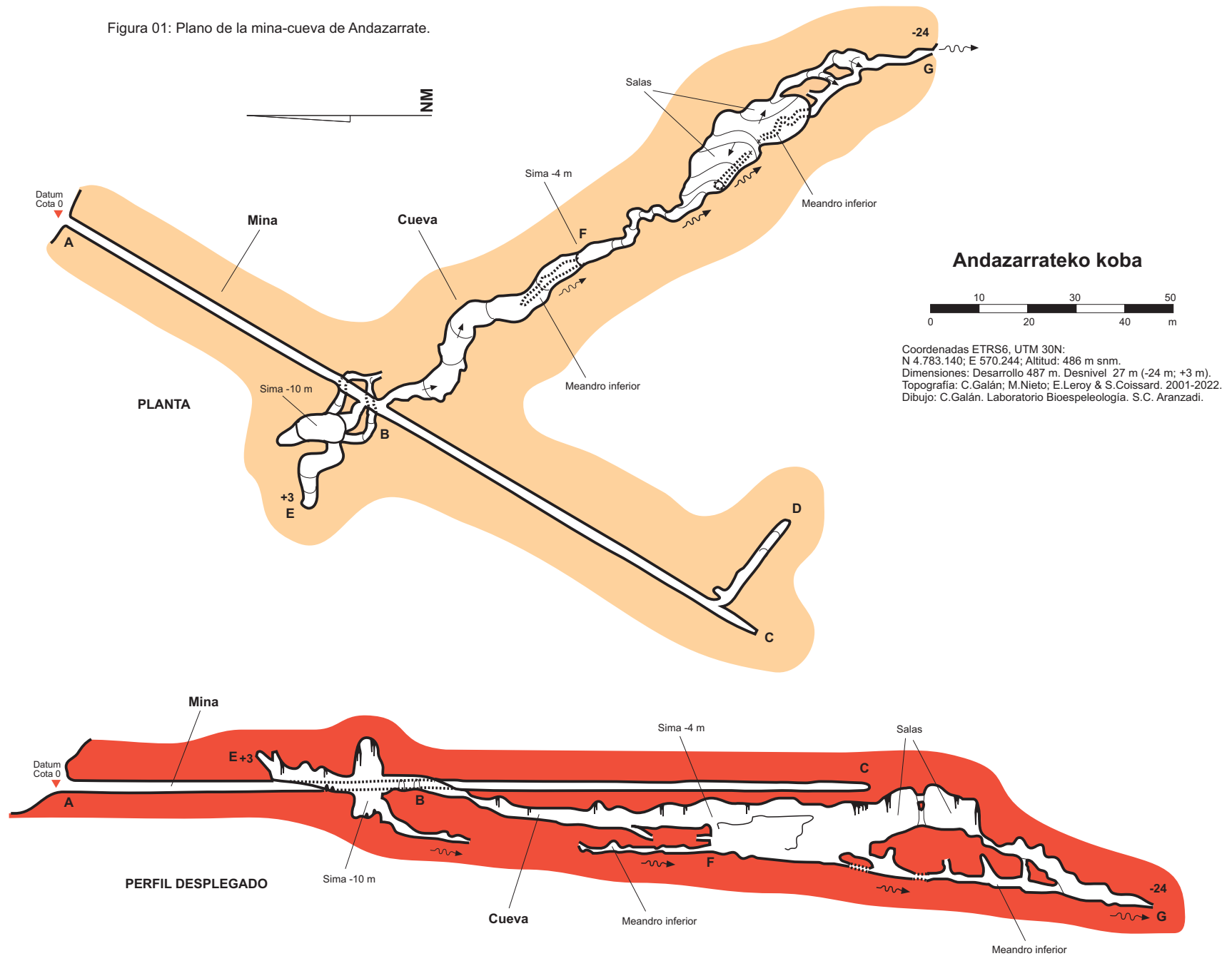




Figura 02. Galería principal de la mina-cueva de Andazárrate en su parte interna, con canal lateral de drenaje.



Figura 03. Muestreos de fauna cavernícola, acuática y terrestre, en la galería de mina.



Figura 04. Espeleotemas de calcita, cuerpos de agua y tramos con suelos arcillosos en la galería de mina.



Figura 05. Micelios de hongos en forma de raicillas marrones con cuerpos fructíferos blancos, creciendo en oscuridad total en la zona terminal de la mina. Probablemente se trate de *Rigidoporus vitreus* (Basidiomycetos: Aphyllophorales); saprófito de madera, hallado también en minas; es raro y está en proceso de estudio. Se aprecian restos de traviesas de madera y raíles de una vía para vagonetes de extracción del mineral.



Figura 06. Diversos aspectos de la galería minera, en la zona donde intercepta la galería Sur de la cueva natural, que captura parte del drenaje de la galería de mina. Frente a esta última se abre la galería Norte.



Figura 07. Parte terminal de la galería minera, de 187 m, con cauce subterráneo y algunos derrumbes laterales.



Figura 08. Galería Norte de la cueva natural, con cornisa en el borde de la sima de -10 m y asegurando con cuerda la escalada a un lateral colgado en la pared de enfrente, con la cuerda de seguro y estalagmita cónica (imagen inferior).



Figura 09. Galería Norte, sala central desde la galería de mina (arriba) y vista en vertical de chimeneas en una galería colgada en la pared de la sima, con surcos de corrosión (debajo).



Figura 10. Galería Sur de Andazarrateko koba, con diversas espeleotemas: coladas parietales y suelos estalagmíticos de calcita (arriba) y detalle de eflorescencias blancas de yeso microcristalino (debajo).



Figura 11. Galería descendente en el lado Sur, con diversidad de espeleotemas de calcita en las paredes y bóvedas.



Figura 12. Galería principal en el lado Sur, con aristas de roca recubiertas de espeleotemas coraloides y globulares.



Figura 13. Andazarrateko koba. Galería Sur y proliferación de espeleotemas globulares y digitiformes.



Figura 14. Diversos tramos de la galería meandro, con estalactitas de caudal, coladas y espeleotemas coraloides.



Figura 15. Detalles de espeleotemas (aciculares, globulares y coraloides) y quiróptero *Rhinolophus ferrumequinum*.



Figura 16. Diversos aspectos de uno de los tramos de la galería meandro.



Figura 17. Diversidad de espeleotemas sobre el cauce del pequeño río subterráneo.



Figura 18. Morfología de la galería principal, con techos más elevados a medida que profundiza y paredes recubiertas de variadas espeleotemas, que recubren la roca-caja de caliza dolomítica.



Figura 19. Coladas estalagmitas parietales y tramos con pasadas de carniolas, con concavidades y aristas cortantes.

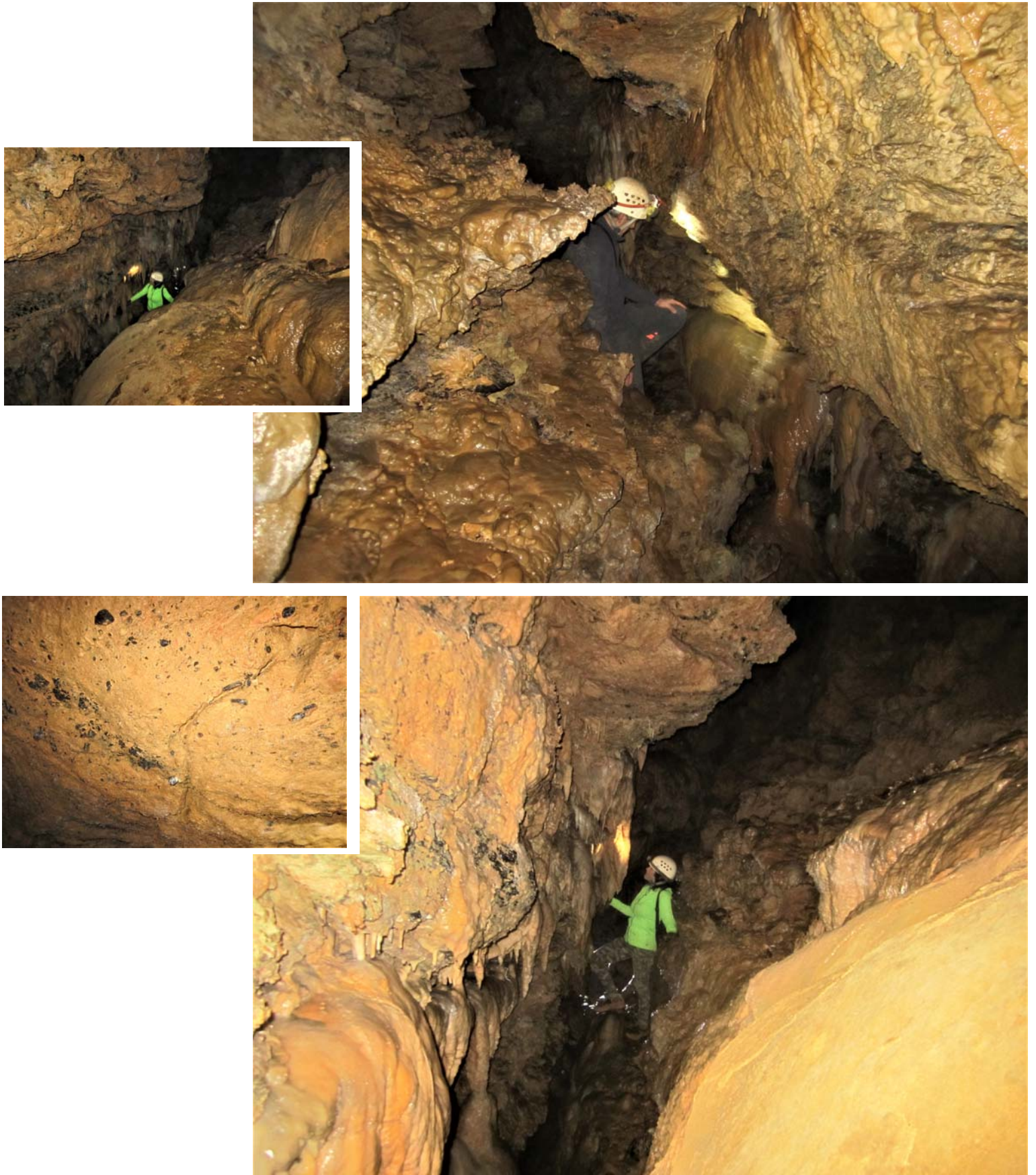


Figura 20. Galería meandro con río subterráneo en su parte inferior, en la proximidad de la primera sala. En los recuadros, detalles de brechas con nódulos y microlitos de distintos minerales.



Figura 21. Primera y segunda salas, con caos de bloques, y detalles de rellenos detríticos con gran número de nódulos y microlitos sueltos, de distintos minerales (recuadro superior) y rellenos arcillosos sobre bloques en la galería terminal, cota -24 m (recuadro inferior).



Figura 22. Detalle de colada estalagmítica con formas globulares y diversidad de espeleotemas en la galería principal.



Figura 23. Ejemplar de *Salamandra atra* (Urodelos: Salamandridae) en la zona oscura de la galería de mina.



Figura 24. Detalle de espeleotemas con calcita basal y terminaciones distales de agujas de aragonito.



Figura 25. Detalle de un ejemplar hembra (con cría envuelta en las alas) de *Rhinolophus ferrumequinum*. Algunas de las espeleotemas globulares que se observan en las fotos contienen combinaciones de calcita y aragonito.



Figura 26. Gran profusión de espeleotemas globulares de calcita y aragonito, con crecimientos normales y excéntricos.



Figura 27. Detalle de tramos amplios en la galería Sur de la cueva natural. En la imagen superior izquierda se pueden apreciar aceras de calcita en el nivel marcador de aguas altas de antiguos gourls, hoy secos.



Figura 28. Detalles de larvas de salamandra (con branquias externas) (arriba) y recubrimientos de mohos blancos (con gotitas amarillentas) creciendo sobre ejemplar muerto de *Scoliopteryx libatrix* (Noctuidae) (debajo).

BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

En la zona de entrada en penumbra de la galería minera hay una gradación de vegetación criptográfica, con musgos y algas verdes. En la zona oscura existen algunos films blancos de Actinobacteria, crecimientos de mohos sobre madera y arcilla, y curiosos hongos que emergen de las paredes con micelios como raicillas marrones que terminan en cuerpos fructíferos lobulados blancos (estos últimos actualmente en estudio).

Pero lo más destacable de la galería de mina es la presencia de quirópteros y herpetofauna. Las especies halladas incluyen (1) quirópteros *Rhinolophus ferrumequinum* y *Rhinolophus hipposideros* (Rhinolophidae), (2) anuros *Bufo bufo* (Bufonidae), (3) urodelos *Salamandra salamandra* y *Triturus helveticus* (Salamandridae).

La galería recibe pequeñas filtraciones locales y es recorrida por una pequeña corriente de agua (con charcas y zonas inundadas someras) que emerge al exterior a través de la boca. En estos cuerpos de agua (algunos en oscuridad total, a más de 100 m de la boca) crían salamandras y anuros. Encontramos numerosas larvas -más de 50 de salamandra y más de 100 de anuros (junto a numerosas puestas de huevos)-, en diversos estadios de desarrollo, observándose algunos adultos en la galería. También en dos charcas en zona oscura, pero más próximas a la entrada, habita una población de tritones *Triturus helveticus*, habiéndose contado más de 10 ejemplares. Los quirópteros por su parte habitan y están mejor representados en el interior de la cueva natural.

Se trata de un grupo de especies de hábitos marcadamente higrófilos y nocturnos, que normalmente pasan el día ocultos y se alimentan de noche de insectos y pequeños invertebrados. Los sapos *B. bufo* son de costumbres más terrícolas. Los tritones son de pequeña talla (en torno a 6 cm) y frecuentes en charcas y abrevaderos; de hábitos acuáticos, no tienen problemas para desplazarse por tierra en las noches lluviosas entre unos cuerpos de agua y otros.

La salamandra es de hábitos hemiedáficos y muy higrófila, pero necesita acudir a las charcas para la cría, ya que sus larvas y juveniles son acuáticos. Es interesante destacar que las larvas de las salamandras, de hasta 3,5 cm de talla y hábitos carnívoros, presentan branquias externas, carácter éste que se mantiene por neotenia en los adultos de muchas especies de salamandras cavernícolas troglóbias (existentes en cuevas en otras partes del mundo).

La fauna troglóxena y troglófila encontrada incluye especies comunes en cuevas de la región y se presentan tanto en la galería de mina como en la cueva natural, estando mejor representadas y por mayor número de especies en la cueva. Estas comprenden: (1) Anélidos oligoquetos *Enchytraeus* sp. (Enchytraeidae). (2) Gasterópodos terrestres *Oxychilus draparnaudi* (Zonitidae), *Clausilia (Iphigena) rolphi* (Clausiliidae) y *Arion rufus* (Arionidae), este último en zona de penumbra. (3) Opiliones *Ischyropsalis nodifera* (Ischyropsalidae); muy abundantes en número (más de 50 ejemplares) en la galería de mina. (4) Araneidos *Metallina merianae*, *Meta bourneti* (Tetragnathidae) y *Eratigena (Tegenaria) inermis* (Agelenidae). (5) Meiofauna acuática stygofila, representada por Ostrácodos *Candona vasconica* (Cypridae) y (6) Copépodos *Paracyclops fimbriatus* (Cyclopoida Cyclopidae) y *Epactophanes richardi* (Harpacticoida Canthocamptidae). (7) Isópodos terrestres *Oniscus asellus* (Oniscidae). (8) Diplópodos *Polydesmus coriaceus* (Polydesmidae). (9) Quilópodos *Lithobius tricuspis multidentis* (Lithobiidae). (10) Tricópteros *Micropterna fissa* (Limnephilidae). (11) Dípteros *Limnobia nubeculosa* (Limnobiidae), *Rhymossia fenestralis* (Mycetophilidae), *Aedes* sp. y *Culex pipiens* (Culicidae). (12) Hemípteros acuáticos *Velia caprai* (Veliidae). (13) Lepidópteros *Triphosa dubitata* (Geometridae) y *Scoliopteryx libatrix* (Noctuidae); algunos ejemplares de esta última especie se encontraban muertos y recubiertos de crecimientos de mohos blancos. (14) Coleópteros *Trechus obtusus* (Carabidae: Trechinae). Ver Tabla 1.

La fauna troglobia hallada comprende ocho especies distintas: (1) Pseudoescorpiones *Neobisium (Blothrus) vasconicum* (Neobisiidae). (2) Isópodos terrestres *Trichoniscoides cavernicola* (Trichoniscidae). (3) Diplópodos *Mesoiulus cavernarum* (Iulidae). (4) Quilópodos *Lithobius anophthalmus* (Lithobiidae). (5) Colémbolos *Onychiurus galani* (Onychiuridae). (6) Dipluros *Litocampa espanoli* (Campodeidae). (7) Coleópteros *Trogloorites breuilli mendizabali* (Carabidae: Pterostichinae). (8) Coleópteros *Speocharidius breuilli* (Leiodidae: Leptodirinae). Ver Tabla 1.

Estas especies han sido halladas en algunas otras cavidades de Ernio, Gazume y/o Pagoeta (Galán, 1993; Galán et al, 2021a, 2021b; Beruete et al, 2001). Tal vez el caso más raro es el hallazgo del colémbolo troglóbio *Onychiurus galani*, ya que constituye la segunda localidad para esta especie (descrita y sólo conocida antes de la cueva Goiburuko bordako koba, en el monte Pagoeta, pero muy cerca de Andazarrate). Puede consultarse información biológica y ecológica más detallada de cada una de estas especies en los citados trabajos.

Las especies troglóbias halladas son taxa cavernícolas muy especializados y troglomorfos (depigmentados, anoftalmos, y de apéndices relativamente elongados), en su mayoría endémicos de Gipuzkoa y relictos de una antigua fauna cálida de tipo tropical y subtropical que habitó en el continente Europeo durante el Terciario. Por lo tanto, se trata de especies de gran interés biogeográfico y evolutivo (Ginet & Juberthie, 1988; Galán, 1993). En total, la fauna cavernícola hallada comprende 36 especies distintas (31 invertebrados y 5 vertebrados), 8 de ellas troglóbias.

Todo ello refuerza la idea de la interconexión de los vacíos en el endokarst, a través de fisuras y conductos menores, por donde las especies pueden desplazarse y alcanzar simas y cuevas naturales (macrocavernas), sin comunicación previa con superficie. Las galerías artificiales de mina han interceptado las cuevas, permitiendo así su poblamiento tanto por especies cavernícolas de antiguo origen como por especies troglóxenas y troglófilas que acceden actualmente a través de las galerías de mina.

Tabla 1. Lista de las especies cavernícolas identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 36 taxa (8 troglobios). En azul, especies acuáticas.

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Annelida Oligochaeta	Enchytraeidae	<i>Enchytraeus sp.</i>	Troglógeno
Mollusca Gastropoda	Zonitidae	<i>Oxychillus draparnaudi</i> (Beck)	Troglófilo
Mollusca Gastropoda	Clausiliidae	<i>Clausilia (Iphigena) rolphi</i> (Leach)	Troglógeno
Mollusca Gastropoda	Arionidae	<i>Arion rufus</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Pseudoscorpiones	Neobisiidae	<i>Neobisium (Blothrus) vasconicum</i> Nonidez	Troglobio
Opiliones	Ischyropsalididae	<i>Ischyropsalis nodifera</i> (Simon)	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	<i>Metellina merianae</i> (Scopoli)	Troglófilo
Araneida	Tetragnathidae	<i>Meta bourneti</i> Simon	Troglófilo
Araneida	Agelenidae	<i>Tegenaria inermis</i> Simon	Troglófilo
Crustacea Ostracoda	Cypridae	<i>Candona vasconica</i> (Margalef)	Stygófilo
Crustacea Copepoda	Cyclopoida Cyclopidae	<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer)	Stygófilo
Crustacea Copepoda	Harpacticoida Canthocamptidae	<i>Epactophanes richardi</i> Mrázek	Stygófilo
Crustacea Isopoda	Trichoniscidae	<i>Trichoniscoides cavernicola</i> Budde-Lund	Troglobio
Crustacea Isopoda	Oniscidae	<i>Oniscus asellus</i> Linné	Troglófilo
Diplopoda	Polydesmidae	<i>Polydesmus coriaceus</i> Porat	Troglófilo
Diplopoda	Iulidae	<i>Mesoiulus cavernarum</i> Verhoeff	Troglobio
Chilopoda	Lithobiidae	<i>Lithobius anophthalmus</i> Matic	Troglobio
Chilopoda	Lithobiidae	<i>Lithobius tricuspis multidentis</i> Latzel	Troglófilo
Collembola	Onychiuridae	<i>Onychiurus galani</i> Beruete et al	Troglobio
Diplura	Campodeidae	<i>Litocampa espanoli</i> Condé	Troglobio
Diptera	Limnobiidae	<i>Limnobia nubeculosa</i> (Meigen)	Troglógeno
Diptera	Mycetophylidae	<i>Rhymossia fenestralis</i> Meigen	Troglógeno
Diptera	Culicidae	<i>Aedes sp.</i>	Troglógeno
Diptera	Culicidae	<i>Culex pipiens pipiens</i> L.	Troglógeno
Hemiptera Heteroptera	Veliidae	<i>Velia caprai</i> (Tamanini)	Stygófilo
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Micropterna fissa</i> McLachlan	Troglógeno
Lepidoptera	Geometridae	<i>Triphosa dubitata</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Scoliopteryx libatrix</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Coleoptera	Carabidae Trechinae	<i>Trechus obtusus</i> Er.	Troglófilo
Coleoptera	Carabidae Pterostichinae	<i>Trogloorites breuili mendizabali</i> Jeannel	Troglobio
Coleoptera	Leiodidae Leptodirinae	<i>Speocharidius breuili</i> Jeannel	Troglobio
Urodelos	Salamandridae	<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Urodelos	Salamandridae	<i>Triturus helveticus</i> (Razoumowsky)	Troglógeno
Anuros	Bufonidae	<i>Bufo bufo</i> (Linnaeus)	Troglógeno
Chiroptera	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber)	Troglógeno
Chiroptera	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein)	Troglógeno

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La ecología subterránea de esta cavidad destaca por la presencia de 8 especies troglobias de: pseudoescorpiones Neobisiidae, isópodos Trichoniscidae, diplopodos Iulidae, quilópodos Lithobiidae, colémbolos Onychiuridae, dipluros Campodeidae, y coleópteros Carabidae Trechinae y Leiodidae Leptodirinae; junto a 23 especies de invertebrados troglógenos y troglófilos; y 5 especies de vertebrados troglógenos (quirópteros Rhinolophidae, anuros Bufonidae y urodelos Salamandridae).

La cueva natural, puesta en comunicación con superficie a través de las galerías de mina (además de a través de fisuras y diaclasas), pone de manifiesto que la excavación de minas a menudo intercepta los vacíos subterráneos existentes en el endokarst (poblados por fauna cavernícola), generando de este modo macrocavernas mixtas (Maire, 1980; Mangin, 1975; Galán, 1993, 2021, Galán et al, 2021 a, 2021 b; Ginet & C. Juberthie, 1988). Las galerías de mina, que en este caso han explotado filones de hematita intercalados en la serie de caliza dolomítica con niveles carniolares, han generado así formas mixtas (minas-cuevas), con galerías naturales y artificiales, re trabajadas por las aguas subterráneas, ya que la infiltración ha seguido actuando por más de 100 años tras el cese de la actividad minera.

El ecosistema hipógeo se organiza y amplía, incrementando la complejidad de su trama trófica y enriqueciéndose en especies, con elementos de distinta procedencia, antiguos y recientes, que son capaces de desplazarse a través de los vacíos del endokarst.

El medio subterráneo revela de esta manera que contiene un hábitat hipógeo por demás extenso, no siempre accesible, constituido por una red de vacíos a todas las escalas imaginables (desde macrocavernas abiertas a superficie, otras incluidas en el subsuelo, así como una extensa red de mesocavernas y vacíos menores (aéreos o inundados), que son recorridos por las aguas de infiltración y albergan curiosas formas de vida. Esta red de vacíos se ha desarrollado y sigue desarrollándose en el volumen del karst, con redes de conductos y vacíos probablemente mucho mayores que los sistemas de cavernas hasta hoy conocidos. Estas cavidades albergan múltiples especies y rasgos de interés científico en Biología Subterránea y Karstología. Su estudio incrementa de este modo nuestro conocimiento sobre la vida y biodiversidad global del planeta.

AGRADECIMIENTOS

A Eric Leroy, Sandrine Coissard, Jon Laskibar, Jim Daza y Ainhoa Miner, por su destacable ayuda en los trabajos de campo en distintas épocas. A dos revisores de Biosphere Consultancies (United Kingdom) y Sociedad de Ciencias Aranzadi (País Vasco) por sus correcciones y útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Beruete, E.; J.I. Arbea & R. Jordana. 2001. Nuevas especies cavernícolas del género *Onychiurus* del grupo de *O. boneti* Gisin, 1953 (Collembola: Onychiuridae) del karst de Navarra y Gipuzkoa (España). Bol. Asoc. Esp. Entomol, 25 (1-2): 9-33.
- 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.
- EVE - Ente Vasco de Energía. 2000. Mapa Hidrogeológico del País Vasco. Escala 1/100.000. Gobierno Vasco. Memoria y mapas. 383 pp.
- 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. 2021. Hallazgo de anfípodos y opiliones troglobios en minas en terrenos Paleozoicos no-kársticos (en el País Vasco) y sus implicaciones en Ecología subterránea y evolución de la Fauna cavernícola. Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 41 pp.
- Galán, C.; M. Nieto; I. Herraiz & A. García. 2021 a. Simas y minas de Elkomen txiki (monte Gazume): hidrogeología y fauna cavernícola. Publ. Dpto. Espeleo. S.C.Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 30 pp.
- Galán, C.; M. Nieto & I. Herraiz. 2021 b. Notas geo-biológicas sobre las minas de zinc de Azulegi (Coto minero de Régil). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 32 pp.
- Ginet, R. & C. Juberthie. 1988. Le peuplement animal des karsts de France. Deuxième partie: éléments de biogéographie pour les invertébrés terrestres. Karstologia, 11-12: 61-71.
- Jerez Mir, L.; J. Esnaola & V. Rubio. 1971. Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa. Mem. IGME (Inst. Geol. y Min. España), Tomo 79, Madrid, 130 pp + Fotograf.
- Maire, R. 1980. Eléments de karstologie physique. Spelunca, FFS. 1980 - N° 1, Suppl.: 1-56.
- Mangin, A. 1975. Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. Thèse d'Etat, Annales de Spéléologie: 29(3): 283-332; 29(4): 495-601; 30(1): 21-124; C.N.R.S., Paris.
- 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.
- Zharikov, V.A.; N. Pertsev; V.L. Rusinov; E. Callegari & D. Fettes. 2007. Metasomatism and metasomatic rocks. Recomendación de la Subcomisión de Sistemática de Rocas Metamórficas de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.