

**EXPLORACIÓN Y BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA DE UNA ANTIGUA MINA DE ZINC EN EL MONTE
GAZUME (MINA BORDATXO) Y NOTAS SOBRE SU PECULIAR ECOLOGÍA.**

Exploration and Subterranean Biology of an old zinc mine on Mount Gazume (Mina Bordatxo)
and notes on its peculiar Ecology.



Carlos GALÁN, Marian NIETO, Agustín GOZATEGI & Juliane FORSTNER. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

EXPLORACIÓN Y BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA DE UNA ANTIGUA MINA DE ZINC EN EL MONTE GAZUME (MINA BORDATXO) Y NOTAS SOBRE SU PECULIAR ECOLOGÍA.

Exploration and Subterranean Biology of an old zinc mine on Mount Gazume (Mina Bordatxo) and notes on its peculiar Ecology.

Carlos GALÁN, Marian NIETO, Agustín GOZATEGI & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Febrero 2023.

RESUMEN

La cavidad objeto de estudio es una antigua mina que explotaba filones de silicatos de zinc y óxidos de hierro incluidos en una serie de caliza arrecifal Urgoniana (de edad Aptiense-Albiense, Cretácico temprano). La mina intercepta en su parte final una sima interna en la caliza, de -80 m de desnivel, posee pequeñas circulaciones de agua y diversas espeleotemas. Su ecosistema resulta curioso, ya que posee dos biocenosis diferenciadas. En la galería de mina habitan 12 especies troglóxenas (quirópteros *Eptesicus serotinus*, dos especies de *Rhinolophus*, anuros *Rana temporaria*, tres especies de lepidópteros, tricópteros Limnephilidae, diminutos dípteros Phoridae carroñeros y fungívoros, y coleópteros acuáticos Dytiscidae; algunos de ellos son reportados por primera vez para hábitats hipógeos), así como tres taxa troglófilos (de araneidos y quilópodos). En la zona profunda (sima natural de -80 m, sin comunicación previa con superficie e interceptada por la mina) encontramos en cambio dos especies troglobias de antiguo origen (de pseudoescorpiones Neobisiidae y coleópteros Leptodirinae). Los rasgos hidrogeológicos y ecológicos de la mina son presentados y discutidos en este trabajo.

Palabras clave: Minas de zinc, Karst en caliza, Hidrogeología, Biología subterránea, Ecología, Fauna cavernícola.

ABSTRACT

The cavity under study is an old mine that exploited veins of zinc silicates and iron oxides included in a series of Urgonian reef limestone (Aptian-Albian in age, early Cretaceous). In its final part, the mine intercepts an internal chasm in the limestone, with a drop of -80 m, it has small water circulations and various speleothems. Its ecosystem is curious, since it has two differentiated biocenoses. Twelve troglomenous species inhabit the mine gallery (*Eptesicus serotinus* bats and two *Rhinolophus* species, *Rana temporaria* anurans, three species of Lepidoptera, Limnephilidae caddisfly, tiny scavenger and fungivorous Phoridae diptera, and Dytiscidae aquatic beetles; some of them are reported for the first time for hypogeous habitats), as well as three troglophilous taxa (araneids and chilopods). In the deep zone (a natural chasm of -80 m, without previous communication with the surface and intercepted by the mine) we instead found two troglobites species of ancient origin (Neobisiidae pseudoscorpions and Leptodirinae beetles). The hydrogeological and ecological features of the mine-abys are presented and discussed in this work.

Keywords: Zinc mines, Limestone karst, Hydrogeology, Subterranean biology, Ecology, Cave fauna.

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 (Campos, 1979; Boillot & Malod, 1988; Rat, 1988; Galán, 1993). El núcleo del sinclinal está formado por lutitas y areniscas, flanqueadas por calizas arrecifales del denominado complejo Urgoniano (de edad Cretácico temprano, Aptiense - Albiense). Este comprende varias facies de calizas arrecifales y margas. Los tramos más compactos incluyen calizas micríticas con rudistas y calizas bioclásticas con abundantes fragmentos de corales.

En el flanco Sur las calizas están en disposición invertida, buzando hacia el S. Su potencia media es de 400 m. Hidrológicamente las calizas del complejo Urgoniano de Gazume se dividen en dos unidades, separadas aproximadamente por el eje sinclinal. La zona N drena hacia el manantial de Granadaerreka, en el valle de Alzolaras, mientras que el flanco Sur drena hacia la surgencia de Utzeta, en el valle de Régil. La surgencia de Utzeta tiene un caudal medio de 90 l/s y un área de alimentación de 9 km².

Las calizas de este flanco Sur presentan bolsadas y vetas de materiales ferruginosos, óxidos de hierro y silicatos de zinc, intercalados en la serie caliza. Estos materiales fueron objeto de labores de minería de zinc, tanto a cielo abierto como a través de galerías subterráneas. Este tipo de minas fue explotado durante un periodo extenso, entre los años 1850 á 1907. Aunque se conocía la existencia de bocas de minas, en su mayoría se presentan colapsadas y no habían sido objeto de exploraciones recientes, careciéndose de datos sobre ellas. En cuanto a cavidades naturales, hasta hace dos años, en el flanco Sur de Gazume sólo se conocían dos cuevas: la surgencia impenetrable de Utzeta, situada en la cota 230 m snm, y Bearreiko koba, pequeña cavidad próxima a la surgencia, de 25 m de desarrollo.

En 2021, muy cerca de la borda de Elkomen txiki (cota 920 m snm), en la parte alta central del afloramiento Urgoniano, acudimos al sector a solicitud de Patxi Goenaga, pastor que tiene un rebaño de ovejas en los prados de esa zona, para intentar el rescate de un corderito que se había caído en el interior de una estrecha sima de -11 m, abierta a superficie de modo natural dos días antes. Tras el intento de desobstrucción y rescate (infructuoso, ya que el fondo es muy estrecho), nos mostró otras seis cavidades próximas, que conforman tanto simas como minas que interceptan cavidades naturales, y en las cuales encontramos fauna cavernícola y espeleotemas de interés. La mayor de las seis cavidades exploradas fue una mina-sima (Elkomen txiki 02-03) de -48 m de desnivel y 170 m de desarrollo de galerías (Galán et al, 2021a).

Posteriormente, el mismo año, exploramos otro sector próximo, al W del primero, donde se localiza un extenso conjunto de antiguas minas denominadas minas de zinc de Azulegi. Aparte de numerosas pequeñas minas y zanjones, obstruidas por derrumbe, encontramos una mina mayor (Azulegi 01) que intercepta una cavidad natural (sima de -38 m de profundidad), totalizando 620 m de desarrollo de galerías y -52 m de desnivel. En ella encontramos también fauna cavernícola de interés (Galán et al, 2021b).

Lo interesante en ambos casos es que las minas interceptan en el endokarst cavidades naturales, sin comunicación previa con superficie. Algunas de ellas progresan hacia abajo y hacia arriba, hasta abrirse en superficie (hipótesis de los husos y simas fusiformes de Maucci) (Mangin, 1975; Maire, 1980; Galán et al, 2021a, 2001b) y otras escalonadas en profundidad en el subsuelo.

Todo ello motivó seguir explorando el flanco Sur de Gazume. A 350 m al Sur de la borda de Elkomen txiki y 150 m más abajo (altitud 770 m snm), localizamos otra bocamina, con su entrada inundada, en el sector denominado Bordatxo, que describiremos en este trabajo. Como en los casos anteriores de los sectores de Elkomen txiki y Azulegi, la mina de Bordatxo consta de una galería minera artificial que ha seguido bolsadas y vetas de calamina intercaladas en la serie caliza, para interceptar en su parte final una sima natural que desciende -80 m de desnivel. Se trata así de una cavidad mixta (mina-sima), con tramos donde a veces resulta difícil discriminar qué partes son naturales y cuales han sido excavadas artificialmente, ya que la infiltración ha seguido actuando por más de 100 años, tras el cese de la actividad minera.

MATERIAL Y METODOS

En la exploración de la cavidad se utilizaron técnicas de espeleología vertical (cuerda estática, jumars, empotradores y friends). El levantamiento topográfico fue efectuado con instrumental de precisión Suunto. El plano de la cavidad fue dibujado en programa Freehand. Los muestreos biológicos fueron efectuados en época invernal, mediante capturas directas con pincel y pinzas y con empleo de cebos atrayentes. El material colectado fue preservado en etanol 75% y fue identificado en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Fueron tomadas fotografías con una cámara digital Canon, a fin de ilustrar los principales rasgos de la cavidad.

RESULTADOS

La unidad de caliza en que se localiza la mina-sima de Bordatxo presenta filones y vetas de materiales ferruginosos, que han sido objeto de explotación minera en distintas épocas. La bibliografía minera consultada indica que en el flanco Sur de Gazume se explotaron bolsadas de calamina (óxidos de hierro y silicatos de zinc) en el denominado Coto minero de Régil o Minas de Azulegi, entre los años 1800's á 1907. El elemento de mayor valor era el zinc, muy bien cotizado en la época porque con él se fabricaban muchos utensilios e instrumentos de latón (aleación de cobre y zinc). Calamina es un término utilizado por los mineros para referirse a un conjunto de óxidos que contienen minerales de zinc en compleja asociación, principalmente hemimorfita, smithsonita e hidrocincita, que se encuentra en la parte alta de las minas de zinc. En mineralogía hoy se utiliza el término calamina para el mineral hemimorfita (un hidroxil-silicato de zinc hidratado), mientras que la smithsonita es un carbonato de zinc y la hidrocincita un carbonato de zinc hidratado. En el sector de Bordatxo se presentan silicatos de zinc asociados a materiales ferruginosos (limonita), óxidos y sulfuros de hierro, formando lechos en caliza estratificada, en la zona de oxidación de sulfuros metálicos. El buzamiento de la caliza en el sector, en general poco discernible, es de 30-45° SSE.

En el flanco S de Gazume hay muchas minas y restos de ellas distribuidas por todo el flanco. La mayor concentración de minas se encuentra en los sectores antes citados de Azulegi y de Elkomen txiki. El sector de Bordatxo se encuentra algo más al S y más bajo, y consta de dos minas próximas. Una mina-sima de pequeña boca semi-obstruida, y una boca-mina horizontal con su entrada inundada y fácil de ver por estar al lado de un sendero. Esta última es la cavidad objeto de estudio.

DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

Mina-sima Bordatxo 01.

Situación: a 337 m en planta al S de la borda de Elkomen txiki; a 950 m al W del collado de Zelatun; monte Gazume.

Coordenadas ETRS89, UTM30N: E 567.372; N 4.780.690; altitud: 770 m snm.

Término municipal: Errezil. Plano en Figura 01. Imágenes de la cavidad y su entorno en Figuras 02 á 28.

Dimensiones: Desarrollo 170 m. Desnivel -80 m.

Descripción: La boca se abre en la ladera inclinada del monte formando primero un zanjón de 5 m de largo al fondo del cual se abre la galería de mina, con unos bloques desprendidos en el inicio de la zona techada (línea de goteo, punto cero y datum de la cavidad). La boca tiene 1,2 m de ancho x 1,7 m de alto, y da paso a una galería de mina rectilínea y muy regular, con sección en U invertida, de 1,5 m de ancho x 2 m de alto.

El primer tramo, casi recto y de rumbo N, tiene una longitud de 67 m hasta un codo donde dobla en ángulo hacia el NE. Los 17 primeros metros a partir de la boca están inundados, con dos estanques sucesivos de 7 y 10 m de largo, y una profundidad que oscila desde 20 cm en el primer estanque a 40 cm en el segundo. En el primer estanque hay abundantes sedimentos y algunas ramas y troncos traídos del exterior para poder pisarlos y evitar mojarse; pero en el segundo es necesario mojarse o bien avanzar en delicada escalada en oposición a lo largo de toda su longitud, ya que ambos carecen de orillas secas, ocupando el agua todo el ancho de la galería. El nivel del agua, procedente de pequeñas filtraciones, no asciende más de lo indicado ya que el suelo desciende ligeramente hacia la boca, donde es evacuada hacia la ladera exterior. La galería prosigue con suelo firme casi seco, de roca y algunas gravas. Presenta pequeñas estalactitas isotubulares de calcita y, en dos puntos, coladas estalagmíticas parietales con microgours en sus bases. En algunos puntos de las paredes y coladas blancas de calcita hay flujos ocreos de hemimorfita, smithsonita y óxidos de hierro. Poco antes del codo hay una excavación o nicho lateral de 3 m de largo (ver plano en Figura 01).

Tras el codo sigue un segundo tramo con similar morfología pero ligeramente más amplio, primero 5 m hacia el NE y luego, tras otro codo, 6 m hacia el ESE, donde se alcanza el borde de una sima vertical. Dos metros antes del borde, la pared S de la galería presenta una grieta por donde ingresa un pequeño flujo de agua y es el punto que utilizamos para anclar la cuerda mediante varios friends, ya que las paredes de la galería de mina son lisas y compactas y no ofrecen puntos naturales de amarre. Hasta aquí la mina totaliza 81 m de desarrollo horizontal.

La sima de 80 m sigue una fractura vertical que, en parte de su perímetro, presenta paredes de caliza con morfología natural, y desciende en escalones verticales alternando con rampas muy pronunciadas con rellenos de bloques inestables. Nuestra impresión es que al menos en su primera parte la sima presentaba filones de hemimorfita que fueron excavados siguiendo la fractura y el contacto con la cavidad natural, siendo los rellenos de bloques producto de la fragmentación de la roca por la excavación minera de los filones. Topográficamente la fractura que sigue la sima es casi perpendicular al último tramo de la mina, es decir, de orientación E-W, mientras que la orientación de los estratos es ENE-WSW, con un buzamiento medio de 45° SSE.

En el punto de intercepción e inicio de la sima (cota 0) ésta es amplia y se prolonga al menos +5 m hacia arriba y en sima hacia abajo, con una ampliación o repisa a nivel de su inicio, de 7 m de amplitud en horizontal. La sima consta de dos tramos sucesivos de 20 m y luego un tercero más amplio de 45 m. Se inicia con un escalón vertical de -4 m, al que sigue un tramo estrecho en rampa, ampliándose luego en vertical hasta una pequeña repisa en la cota -17 m. Aquí instalamos un anclaje suplementario con friend en una grieta en la pared caliza. Sigue otro tramo de 20 m, primero en vertical y luego en rampa de bloques escalonada hasta la cota -35 m. Esta segunda vertical presenta ampliaciones laterales de hasta 5 m con coladas y espeleotemas naturales de calcita, mientras que el suelo en las rampas posee bloques de mayor tamaño sobre la roca-caja en precario equilibrio, que podrían desprenderse ante cualquier roce de la cuerda. Así se alcanza una repisa en la cota -35 m.

La tercera vertical totaliza 45 m. Su inicio es una cavidad amplia (de 8 m de diámetro mayor), con numerosas espeleotemas en forma de grandes estalactitas en su bóveda y coladas con estalagmitas en las paredes. Cae en aéreo 25 m, luego en rampa de bloques más estrecha, y un último tramo estimado en 15 m, no descendido por el riesgo de caída de bloques inestables desde las rampas superiores. El fondo apreciable es la cota -80 m. Su fondo constituye un interrogante, pero el tramo anterior es inestable y resultaría complicado equiparlo y arriesgado o peligroso intentar su descenso, por lo cual dejamos la exploración en este punto.

Tal vez exista alguna continuación o galería inferior, o comunicación con una segunda boca a cota más baja, actualmente colapsada ya que la prospección en superficie resultó infructuosa. La parte explorada permitió no obstante realizar un trabajo de prospección y muestreo biológico, con interesantes resultados, que presentamos a continuación.

BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

El ambiente hipógeo es isotérmico, con humedad relativa del 100% y temperatura del aire de 8-9°C. El agua de infiltración es más fría, de 5-7°C en invierno, ya que procede de la fusión nival en superficie. Dado su trazado horizontal, la mina no recibe aportes externos de materia vegetal, siendo un ambiente marcadamente oligotrófico. No obstante encontramos 17 taxa cavernícolas.

Lo más curioso de la cavidad es que posee dos biocenosis diferenciadas: (1) En la galería de mina (ambiente más superficial y artificial) habitan al menos 15 taxa distintos: 12 troglóxenos y tres troglófilos. (2) En la sima de 80 m en caliza (ambiente profundo) encontramos sólo dos taxa troglobios, aunque también penetra en la sima una especie de quiróptero (*Rhinolophus hipposideros*). En conjunto, no obstante el predominio de troglóxenos, estos incluyen algunas especies no reportadas previamente para cuevas, así como otras con hábitos cavernícolas poco o nada conocidos. Una lista de las especies identificadas es presentada en la Tabla 1. Tras ella presentamos una descripción más detallada de la fauna encontrada, con comentarios más extensos sobre las especies más raras o infrecuentes en cuevas.

Tabla 1. Lista de las especies cavernícolas identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 17 taxa (2 troglobios).

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Pseudoscorpionida	Neobisiidae	<i>Neobisium (Blothrus) vasconicum</i> Nonidez	Troglobio
Araneida	Tetragnathidae	<i>Meta bourneti</i> Simon	Troglófilo
Araneida	Agelenidae	<i>Tegenaria inermis</i> Simon	Troglófilo
Chilopoda	Lithobiidae	<i>Lithobius tricuspis multidentis</i> Demange.	Troglófilo
Diptera	Limnobiidae	<i>Limnobia nubeculosa</i> (Meigen)	Troglóxeno
Diptera	Phoridae	<i>Megaselia scutellaris</i> (Wood)	Troglóxeno
Diptera	Phoridae	<i>Conicera tibialis</i> Schmitz	Troglóxeno
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Aglais io</i> (= <i>Inachis io</i>) Linnaeus	Troglóxeno
Lepidoptera	Geometridae	<i>Triphosa dubitata</i> (Linnaeus)	Troglóxeno
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Scoliopteryx libatrix</i> (Linnaeus)	Troglóxeno
Trichoptera	Limnephilidae	<i>Micropterna fissa</i> McLachlan - restos de alas	Troglóxeno
Coleoptera	Leiodidae. Leptodirinae	<i>Speocharidius (Speocharidius) breuili</i> Bolívar.	Troglobio
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Hydroporus vespertinus</i> Fery & Hendrich	Troglóxeno
Anuros	Ranidae	<i>Rana temporaria</i> Linnaeus	Troglóxeno
Chiroptera	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber)	Troglóxeno
Chiroptera	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein)	Troglóxeno
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber)	Troglóxeno

Las especies troglófilas comprenden las arañas *Meta bourneti* Simon (Tetragnathidae), *Eratigena inermis* Simon (Agelenidae) y el ciempiés *Lithobius tricuspis multidentis* Demange. Todas ellas son activos depredadores, frecuentes en la zona de entrada de las cuevas y halladas previamente en muchas otras cavidades guipuzcoanas.

Las especies troglóxenas comprenden 15 taxa distintos: 11 artrópodos (dípteros, lepidópteros, tricópteros, coleópteros) y cuatro vertebrados (un anfibio anuro y tres especies de quirópteros).

Los dípteros están representados por una especie de mosquito común en cuevas, *Limnobia nubeculosa* (Meigen) (Limnobiidae) y dos especies de diminutas moscas de hábitos saprófagos, fungívoros y carroñeros: *Megaselia scutellaris* (Wood) y *Conicera tibialis* Schmitz (Phoridae).

Megaselia scutellaris es una diminuta mosca, de color marrón amarillento, que alcanza 2 mm de talla; los adultos son formas saprófagas que utilizan todo tipo de materiales orgánicos, incluyendo carroña, plantas en descomposición y hongos de la madera, mientras que sus larvas son fungívoras, alimentándose de todo tipo de hongos y setas; ampliamente distribuida por todas las regiones de Europa; los adultos de la especie han sido encontrados en cuevas (Disney, 1993, 1994) y en ambientes peridomésticos, como materiales orgánicos depositados en drenajes y cañerías.

Conicera tibialis es aún de menor tamaño (talla de 1-1,5 mm) con cuerpo de color gris oscuro y aterciopelado; adultos de hábitos saprófagos, omnívoros y carroñeros; sus larvas son necrófagas, alimentándose sobre todo tipo de carroña, expuesta y enterrada, incluyendo cadáveres humanos, por lo que son utilizados en entomología forense. De amplia distribución holártica, se extiende por toda Europa occidental hasta las islas Canarias y Azores, habiéndolo sido citada de Cataluña y de Hendaya (frontera francoespañola) (Schmitz, 1936). Aunque es una especie muy común, no había sido citada para cuevas.

En la mina las dos últimas especies eran abundantes en pequeñas áreas sobre las paredes de roca cerca del suelo, en zona de penumbra acentuada, a 30-40 m de la boca, tras la zona de estanques de agua. Posiblemente les sirve de alimento el guano de quirópteros, micelios de hongos, o algunos restos de mamíferos que eventualmente ingresen a la cavidad. En todo caso, estas dos últimas especies de Phoridae constituyen las primeras citas de dichas especies para cavidades subterráneas en Gipuzkoa.

Los lepidópteros están representados por tres especies: *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus) (Noctuidae), *Triphosa dubitata* (Linnaeus) (Geometridae) y *Aglais io* Linnaeus (Nymphalidae). Las dos primeras son muy comunes en cuevas de la región vasca (la primera es de colores anaranjados y la segunda gris), mientras que *Aglais io* es reportada por primera vez a nivel global para ambientes de cuevas. *Aglais io* es una mariposa muy vistosa, de color rojo con ocelos negro azulados, que normalmente posee dos generaciones e hiberna oculta en edificios y árboles (Chinery, 2006); en la mina encontramos un ejemplar descansando en zona de penumbra a unos 20 m de la entrada. Las otras dos especies penetran hasta zona oscura siendo muy abundantes en la proximidad de la sima. Otro detalle a destacar es que además de ejemplares vivos, en el nicho lateral antes del primer codo, encontramos una enorme cantidad de alas de *T.dubitata*, con la impresión de que se trata de los restos de alimentación de alguno de los quirópteros, que se posa en ese nicho y se come los cuerpos dejando caer las alas y otros fragmentos quitinosos pequeños. Aunque suena muy común, es la primera vez que encontramos tal abundancia de restos de alas en cuevas.

Encontramos también restos, pero no ejemplares vivos, de una especie de tricóptero Limnephilidae: *Micropterna fissa*, especie común que acude a las cuevas en verano para la reproducción. Probablemente se trata de restos de ejemplares que fueron depredados por araneidos.

Los coleópteros troglóxenos están representados por la especie acuática *Hydroporus vespertinus* Fery & Hendrich, de la familia Dytiscidae. En los estanques habita una amplia población de este escarabajo nadador, encontrándose sumergidos, en reposo sobre el fondo o nadando. La especie alcanza 4-5 mm de talla, es de cuerpo ovalado, patas traseras adaptadas para la natación, color marrón oscuro, con zonas más pálidas en laterales y ápice de pronoto y élitros; alimentación omnívora, pudiendo preñar sobre otros pequeños artrópodos. Millán et al (2014) lo citan de charcas y estanques eutróficos poco profundos en el NW peninsular, en ocasiones con agua freática, en la cercanía de surgencias, pero no había sido citado de cuevas, aunque en nuestro caso se trata de una mina-surgencia, con estanques en zona de penumbra. Constituye la primera cita de esta especie para cuevas de Gipuzkoa.

En la segunda charca, en zona de acentuada oscuridad, encontramos cinco ejemplares y dos puestas de huevos de anuros *Rana temporaria* L. (Ranidae), especie de rana común en hayedos. Los ejemplares se encontraban sumergidos, pero aún activos (el 8 de Enero), y en salida posterior (el 22 de Enero, con nieve en superficie) los huevos ya habían eclosionado, encontrándose muchos renacuajos delgados de pequeña talla (4-8 mm). Su temprana reproducción en invierno ya era conocida, e incluso se sabe que los renacuajos soportan las congelaciones de las charcas epígeas. Sin embargo, hay pocos reportes de anfibios en Europa explotando hábitats subterráneos (salvo el ampliamente conocido caso de la especie troglobia de salamandra *Proteus anguinus* en los Balkanes, antigua Yugoslavia). En cuevas y minas de la región vasca normalmente se encuentran urodelos como salamandras y tritones, capaces de criar en el hábitat hipógeo, y eventualmente algunos anuros, como sapos *Bufo* y *Alytes*, en general en la proximidad de las bocas pero sin reproducirse en ellas. Los reportes de *Rana* en cuevas son aún más raros. Recientemente se reportó la presencia y cría de *Rana ibérica* en una galería de drenaje en la Serra da Estrela, Portugal (Rosa & Penado, 2013) y de puestas de huevos de *Rana temporaria* en una cueva natural en Slovenia (Bressi & Dolce, 1999). Este sería un caso similar a los anteriores y constituiría el segundo reporte a nivel global de cría de *R.temporaria* en hábitats hipógeos.

Los quirópteros están representados por tres especies, de dos familias distintas: *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber), *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein) (Rhinolophidae) y *Eptesicus serotinus* (Schreber) (Vespertilionidae). Las dos primeras son especies muy cavernícolas y las más frecuentes en cuevas del País Vasco. *E.serotinus* es un murciélago de tamaño grande y estructura robusta, presente en el País Vasco pero de hábitos rupícolas, siendo raro en cuevas. Se refugia preferentemente en grietas de roquedos; en menor medida utiliza construcciones humanas y huecos de árboles viejos, existiendo escasos reportes en cuevas. Por otro lado existen muy pocos reportes de la especie en el territorio vasco en período invernal. El ejemplar hallado en la mina es un macho grande (con longitud de antebrazo de 54 mm) y se encontraba en reposo en una grieta del techo a 60 m de la boca (en zona oscura), no colgando suspendido de los pies como otros murciélagos, sino tumbado dentro de una grieta oblicua con el hocico hacia el lado externo. Este dato incrementa así el número de referencias para la especie en cuevas y en período invernal. Por su parte de la especie *R.ferrumequinum* hallamos un ejemplar invernante aislado al fondo de la galería de mina, mientras que de *R.hipposideros* encontramos hasta cinco ejemplares, tanto en la mina como en el interior de la sima hasta la cota -35 m.

La biocenosis de la sima sólo incluye el ingreso antes comentado de ejemplares de *R.hipposideros* y la presencia de dos especies troglobias muy especializadas y troglomorfas, de antiguo origen: el pseudoescorpión *Neobisium (Blothrus) vasconicum* Nonidez (Neobisiidae) y el coleóptero *Speocharidius (Speocharidius) breuilli* Bolívar (Leptodirinae, antes Bathysciinae). El primero es un depredador muy especializado, endémico de Gipuzkoa y restringido al karst de Ernio-Gazume, parte E de Izarraitz y W de Aralar (Zaragoza & Galán, 2007). Se alimenta preferentemente de coleópteros Leptodirinae, colémbolos y dípteros. Previamente también había sido hallado en otras minas-cuevas y minas-simas del flanco Sur de Gazume (Galan et al, 2021a, 2021b).

Por su parte *E.breuilli* es un pequeño coleóptero, depigmentado (color ámbar por la quitina) y anoftalmo, de hábitos detritívoros micrófagos. Es un endemismo guipuzkoano restringido a los macizos kársticos de Ernio-Gazume y Pagoeta. Puede consultarse información biológica y ecológica más detallada de esta especie en Galán (1993).

Ambas especies troglobias son relictos de una antigua fauna cálida de tipo tropical 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 en la mina-sima Bordatxo 01 comprende 17 especies distintas, dos de ellas troglobias.

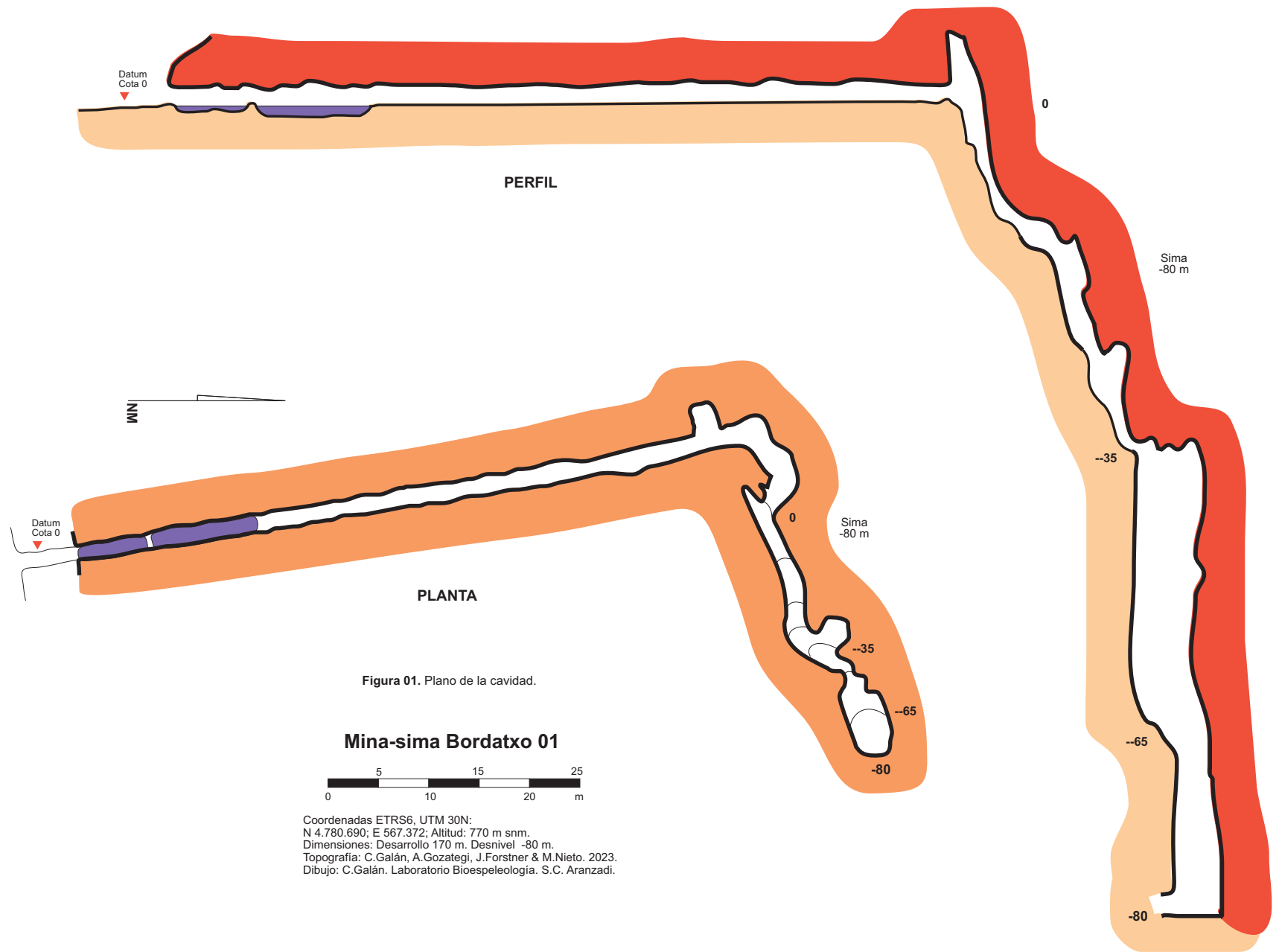




Figura 02. El relieve kárstico de superficie en la zona de Bordatxo (flanco Sur del Gazume, durante las primeras prospecciones, con lluvia.



Figura 03. Zanjón en la ladera y boca de la mina-sima Bordatxo 01, con los primeros tramos inundados.



Figura 04. Pasos en oposición sobre los estanques de la zona de entrada y pequeñas espeleotemas isotubulares de calcita en la bóveda de la galería de mina.



Figura 05. Ejemplares de *Rana temporaria* y puesta de huevos en el fondo del segundo estanque.



Figura 06. Ejemplares de lepidópteros: *Aglais io* (arriba), *Triphosa dubitata* y *Scoliopteryx libatrix* (debajo).



Figura 07. Espeleotemas de calcita, con la boca al fondo (arriba) y coladas de calcita con trazas de hemimorfita y oxi-hidróxidos de hierro (debajo).



Figura 08. Diversas coladas de calcita con trazas de hemimorfita y oxi-hidróxidos de hierro en la galería de mina.



Figura 09. Detalles de quirópteros *Eptesicus serotinus* (arriba) y *Rhinolophus hipposideros* (debajo).



Figura 10. Otra de las salidas, tras fuertes nevadas. El equipo con el land-rover en el collado de Zelatun.



Figura 11. Exploraciones en época invernal, tras fuertes nevadas.



Figura 12. Ruta de aproximación a la mina, con nieve.



Figura 23. El collado de Zelatun y el monte Ernio al fondo (arriba). Alcanzando la boca de la mina (debajo).



Figura 14. Diversos aspectos de la galería de mina, con algunos films de espeleotemas.



Figura 15. Detalles de tramos rectilíneos en la galería minera, con algunas espeleotemas en sus paredes.



Figura 16. Detalles de coladas estalagmíticas parietales, con microgours en sus bases. La calcita se presenta teñida de colores ocre por trazas de hemimorfita, smithsonita y oxi-hidróxidos de hierro.



Figura 17. Llegando a los codos del fondo de la galería minera, en la proximidad de la sima.



Figura 18. Equipando con friends el anclaje principal de la cuerda, para descender a la sima. Resulta más rápido y eficaz que instalar clavos de expansión perforando la dura roca.



Figura 19. El borde de la sima interceptado por la galería de mina (arriba). La sima natural se prolonga +5 m en vertical hacia arriba (debajo). Se aprecian algunos lepidópteros en la pared de roca caliza.



Figura 20. Primer escalón de la sima de -80 m, con un paso estrecho, y continuación de mayor amplitud.



Figura 21. Segundo tramo de la sima de -80 m, con bloques inestables entre los tramos verticales. El terreno resulta muy expuesto porque cualquier roce de la cuerda o del explorador podría producir derrumbes.



Figura 22. Inicio de la última vertical, cota -35 m, donde la sima gana en amplitud y presenta numerosas espeleotemas en sus paredes.



Figura 23. Últimos tramos de la sima de -80 m, con rampas de bloques en precario equilibrio.



Figura 24. Ascenso de la sima en jumars. Aquí, alcanzando el tramo de unión de las dos primeras cuerdas de 20 m.



Figura 25. Recogiendo equipos, tras explorar la sima, y de regreso por la galería de mina horizontal hacia la boca.



Figura 26. Alcanzando la zona de entrada inundada cercana a la boca y vista de la boca desde el exterior.



Figura 27. En la ladera Sur de Gazume, bajo el nivel de la mina Bordatxo, no encontramos otras minas, cuevas o probables accesos al nivel inferior de la sima de -80 m. De haber existido deben haber colapsado.



Figura 28. Regresando a campo través hacia el collado de Zelatun, con el Ernio al fondo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La exploración de la mina descrita en este trabajo vuelve a revelar la existencia en el endokarst de importantes volúmenes de vacíos y cavidades subterráneas, sin comunicación previa con superficie (a nivel de macrocavernas accesibles para el ser humano) pero sí recorridas por el aire y el agua de infiltración y habitados por fauna cavernícola.

La presente sima-mina muestra la peculiaridad de poseer dos biocenosis muy diferenciadas, con troglóxenos (que incluyen especies de gran interés, en algunos casos no reportadas para ambientes hipógeos) en la galería de mina, junto a especies troglóbias habitantes del ambiente profundo de cavidades naturales en el endokarst, en la sima, que desciende a -80 m.

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, y que las galerías artificiales de mina interceptan al perforar el volumen rocoso. La cavidad mixta actual (mina-sima), ha permitido así su poblamiento tanto por especies cavernícolas de antiguo origen como por especies troglóxenas y troglófilas que acceden actualmente a través de la mina. Los resultados obtenidos agregan nuevos datos y amplían el conocimiento sobre la fauna que habita en el karst de Gipuzkoa, su Biología e Historia Natural.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Dpto. de Espeleología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) que nos acompañaron en prospecciones previas en el monte Gazume, en especial a Iñigo Herraiz. A tres revisores anónimos de la SCA y Biosphere Consultancies (Reino Unido) por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Boillot, G. & J. Malod. 1988. The north and north-west Spanish continental margin: a review. *Rev.Soc.Geol.España*, 1: 295-316.
- Bressi, N. & S. Dolce. 1999. Osservazioni di anfibi e rettili in grotta. *Rivista di Idrobiologia*, 38: 475-486.
- Chinery, M. 2006. Guía de los insectos de Europa. Ediciones Omega.
- Disney, R.H.L. 1993. Notes on European Phoridae (Diptera). *British Journal of Entomological Natural History*, 6: 107-118.
- Disney, R.H.L. 1994. Scuttle flies: the Phoridae. Chapman & Hall, London, United Kingdom.
- 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.; M. Nieto; I. Herraiz & A. García. 2021a. 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. 2021b. 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.
- 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.
- Millán, A.; Sánchez-Fernández, D.; Abellán, P.; Picazo, F.; Carbonell, J.A.; Lobo, J.M. & I. Ribera. 2014. Atlas de los coleópteros acuáticos de España peninsular. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 820 pp.
- Rat, P. 1988. The basque-cantabrian basin between the iberian and european plates, some facts but still many problems. *Rev.Soc. Geol.España*, 1: 327-348.
- Rosa, G & A. Penado. 2013. Rana iberica (Boulenger, 1879) goes underground: subterranean habitat usage and new insights on natural history. *Subterranean Biology*, 11: 15-29.
- Schmitz, H. 1936. Phoriden von der französisch-spanischen Grenze bei Hendaya. *Tijdschrift voor Entomologie*, 79: 222-229.
- Vandel, A. 1964. Biospéologie: La Biologie des Animaux cavernicoles. Ed.Gauthier-Villars, Paris, 619 p.
- Zaragoza, J. & C. Galán. 2007. Pseudoescorpiones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas. Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 14 pp. Reeditado en: *Lapiaz, Fed.Valenc.Espeleol.*, 31: 1-14 .