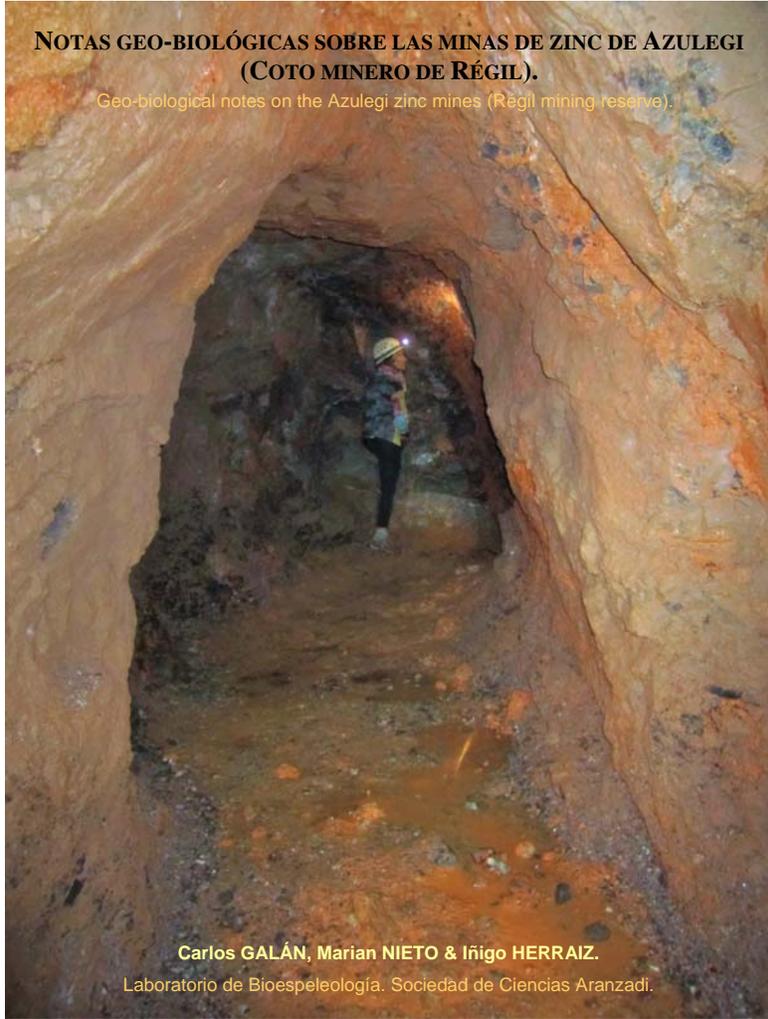


**NOTAS GEO-BIOLÓGICAS SOBRE LAS MINAS DE ZINC DE AZULEGI  
(COTO MINERO DE RÉGIL).**

Geo-biological notes on the Azulegi zinc mines (Régil mining reserve).



**Carlos GALÁN, Marian NIETO & Iñigo HERRAIZ.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

# NOTAS GEO-BIOLÓGICAS SOBRE LAS MINAS DE ZINC DE AZULEGI (COTO MINERO DE RÉGIL).

Geo-biological notes on the Azulegi zinc mines (Régil mining reserve).

**Carlos GALÁN, Marian NIETO & Iñigo HERRAIZ.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Septiembre 2021.

## RESUMEN

En el flanco Sur del monte Gazume afloran calizas Urganianas, de edad Cretácico temprano, que presentan pequeñas vetas y filones de materiales ferruginosos, óxidos de hierro y silicatos de zinc, intercalados en la serie caliza. En el sector se explotaron a fines de los años 1800's diversas minas, a cielo abierto y subterráneas, casi todas de modestas dimensiones. La mayor de ellas es una mina 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 centramos el mayor esfuerzo de prospección, encontrando fauna cavernícola (tres especies troglobias) y diversos rasgos geo-biológicos de interés.

*Palabras clave:* Karst, caliza, cuevas, minas, Hidrogeología, Biología subterránea, Ecología, Fauna cavernícola.

## ABSTRACT

On the southern flank of Mount Gazume there are Urganian limestones, of early Cretaceous age, which present small veins and seams of ferruginous materials, iron oxides and zinc silicates, interspersed in the limestone series. At the end of the 1800's, various open-pit and underground mines were exploited in the sector, almost all of modest size. The largest of them is a mine that intersects a natural cavity (abyss of -38 m depth), totaling 620 m of gallery development and -52 m of unevenness. In it we focus the greatest prospecting effort, finding cave fauna (three troglobites species) and various geo-biological features of interest.

*Key words:* Karst, limestone, caves, mines, 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 colgado de Gazume está integrado por una potente secuencia Supraurgoniana de lutitas con niveles areniscosos, la cual está flanqueada por materiales fundamentalmente carbonatados del complejo Urganiano (de edad Cretácico temprano, Aptiense - Albiense). En el flanco Sur de Gazume las calizas están en disposición invertida, buzando hacia el S y teniendo como nivel impermeable basal a las lutitas Supraurgonianas (de edad Albiense).

El complejo Urganiano 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 y otros organismos. Su potencia en el área de estudio es de 200 m. Hidrológicamente el complejo Urganiano de Gazume se divide 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 S 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 km<sup>2</sup>. Las calizas de este flanco S 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.

En fechas recientes exploramos un conjunto de simas y minas en el sector de Elkomen txiki, parte alta central del afloramiento calizo del flanco Sur de Gazume (Galán et al, 2021). Los trabajos mostraron que muchas galerías de mina interceptaban cavidades subterráneas naturales (simas y cuevas) sin comunicación previa con superficie.

A 600 m al W de Elkomen Txiki y a algo menor altitud existe un conjunto más numeroso de galerías de mina, pozos, zanjas y escombreras, habitualmente referido como minas de Azulegi o coto minero de Régil. Casi todas las minas son de moderadas dimensiones (metros a decenas de metros), pero encontramos una mina mayor que además intercepta una profunda sima (de -38 m) y que constituye una cavidad mixta de 620 m de desarrollo y -52 m de desnivel, y que es el objeto central de esta nota.

## MATERIAL Y METODOS

En la exploración de cavidades se utilizaron técnicas de espeleología vertical (cuerda estática, jumars, clavos de expansión). Los levantamientos topográficos fueron efectuados con instrumental de precisión Suunto. El plano de la mina-sima 01 fue dibujado 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 unidad hidrogeológica del flanco Sur del Gazume, con surgencia en el manantial de Utzeta (en el valle de Régil), está constituida por calizas arrecifales del complejo Urganiano (de edad Aptiense - Albiense, Cretácico temprano), que estructuralmente ocupan el flanco Sur, invertido, de un sinclinal volcado, de dirección NW-SE, que se encuentra colgado en el relieve de superficie. En la parte alta del monte, núcleo del sinclinal, afloran materiales del complejo Supraurgoniano (de edad Albiense), constituido por una serie monótona de lutitas compactas y laminadas que intercalan paquetes areniscosos y niveles con nódulos ferruginosos. Dada la disposición del relieve, en el flanco S del monte las lutitas Supraurgonianas constituyen el nivel impermeable basal para las aguas infiltradas en las calizas Urganianas, que se encuentran en disposición invertida.

Esta unidad hidrogeológica tiene un área de recarga de 9 km<sup>2</sup>, la mitad de ella correspondiente al afloramiento de calizas y la otra mitad procedente del Supraurgoniano. Debido a la estructura geológica en la que se asienta el acuífero, éste se encuentra confinado en gran parte de su extensión. La descarga se efectúa a través del manantial de Utzeta, a cota 230 m snm, donde las aguas surgen dentro del nivel de calizas (de carácter marmóreo en esta zona), con un caudal medio anual de 90 l/s, caudales de estiaje de 9 l/s, y caudales de crecida de 400 l/s, con fuertes variaciones de caudal (EVE, 2000).

La unidad está constituida por calizas arrecifales y margas, con frecuentes cambios laterales de facies: calizas micríticas con rudistas, calizas bioclásticas con fragmentos de corales; la parte inferior del flanco contiene algunos pequeños niveles intercalados de caliza margosa, caliza arenosa, lutitas y pasadas de arenisca. Su potencia es de 200 m y se encuentran en posición invertida, con buzamiento medio observado en campo de 40-45° S. La base invertida del complejo (facies de implantación Urganiana) está constituida por una secuencia de lutitas calcáreas grises y margas arenosas.

La unidad de caliza 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 del Gazume se explotaron bolsadas de calamina (óxidos de hierro y zinc) en el denominado Coto minero de Régil o Minas de Azulegi, entre finales de los años 1800's y 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 coto minero de Régil la calamina aparecía asociada a materiales ferruginosos (limonita), óxidos y sulfuros de hierro, cuarzo y calcita, formando vetas y lechos en roca caliza estratificada, en la zona de oxidación de sulfuros metálicos de zinc y de plomo.

Según la bibliografía minera revisada existe todo un conjunto de pequeñas minas en el flanco S del Gazume, estando la mayor concentración de ellas en el sector denominado Azulegi, donde hay restos de varias edificaciones y bordas de piedra en ruinas, así como extensas escombreras. Estas minas explotaron vetas y filones de materiales ferruginosos con alto contenido en zinc, incluidos entre los estratos de la caliza Urganiana. Los principales minerales extraídos eran la hemimorfita o calamina (hidroxil-silicato de zinc hidratado), la esfalerita o blenda (sulfuro de zinc), porcentajes menores de pirita, calcopirita, otros sulfuros con algo de plomo y óxidos de hierro.

En un trabajo previo exploramos un conjunto de seis cavidades (minas-simas) en el sector de Elkomen txiki, en la parte alta central, bajo el collado de Elkomen (Galán et al, 2021). Pero la mayor concentración de minas se encuentra en un sector situado a 0,6 km al W de Elkomen txiki y algo más bajo (800 - 850 m snm), y estas son conocidas como minas de Azulegi.

Las exploraciones efectuadas en este sector de Azulegi abarcan un conjunto de galerías de mina, zanjones a cielo abierto y escombreras, habitualmente referido como coto minero de Régil. Casi todas las minas (en número de más de 20) son de moderadas dimensiones (de sólo unos metros a pocas decenas de metros), excavadas en filones ferruginosos bajo el lapiaz de superficie. Las prospecciones efectuadas no mostraron rasgos de interés como para catalogar todas las minas o para efectuar un estudio más detallado en ellas. La fauna observada consta de especies troglóxenas y troglófilas, comunes y mejor representadas en otras cavidades de la región.

La excepción, que motivó esta nota, fue el hallazgo de una mina considerablemente mayor (de entre todas las exploradas en el sector), con la peculiaridad añadida de que intercepta una profunda sima natural (pozo de -38 m de desnivel), aparentemente sin comunicación previa con la superficie. La cavidad en su conjunto constituye una cavidad mixta (mina-sima) de 620 m de desarrollo y -52 m de desnivel. En ella centramos nuestro trabajo, con salidas sucesivas. A continuación, describimos la cavidad principal (Mina-sima Azulegi 01) y los resultados geo-biológicos obtenidos.

## DESCRIPCION DE LA MINA-SIMA DE AZULEGI 01.

Situación: a 590 m al W de la borda de Elkomen txiki, bajo la cumbre de Mendibeltz.

Coordenadas ETRS89, UTM30N: E 566.898; N 4.781.022; altitud: 856 m snm.

Dimensiones: Desarrollo 620 m. Desnivel: 52 m (+6 m; -46 m). Figuras 02 á 26. Plano en Figura 01.

Descripción: Se trata de la mayor cavidad encontrada en el sector de las minas de Azulegi. La cavidad es una mina artificial que intercepta una sima natural, sin comunicación previa con la superficie.

La cavidad consta de dos bocas. La más amplia es una sima-claraboya de 4 m de diámetro y -4 m de desnivel que enlaza con una amplia sala inferior. A pocos metros de esta se abre un zanjón descendente que dobla en ángulo y da paso a la segunda boca, con una corta galería descendente, que enlaza en su base con el salón.

Hacia el NW parte una galería de mina horizontal, que describe dos ángulos casi rectos para volver a enlazar con el salón bajo la claraboya. En su extremo NW la galería prosigue rectilínea hacia el NW, con menor diámetro y varios colapsos de bloques.

Pasando un tramo inestable, que amenaza colapsar, sigue una larga galería de mina, con varios pequeños laterales. A unos 70 m de la sala de entrada esta galería principal (cota -4) intercepta una cavidad natural en forma de alta chimenea, con coladas de calcita. 35 m después presenta un amplio lateral ascendente, de 18 m de largo, que conduce a un nivel horizontal superior (cota +6 m). La galería principal sigue horizontal 68 m más, hasta su cierre en cul de sac; algo antes del fondo (cota -4) presenta otro lateral ascendente con rocas ferruginosas de intensos colores rojos.

La galería del nivel superior (cota +6) presenta un primer tramo con un lateral en bypass y sigue luego horizontal por espacio de 140 m. Esta debió ser la galería central de explotación de la mina, ya que su suelo tiene traviesas de madera (que indican el trazado de una vía estrecha para vagonetas, de transporte del mineral). Posee tramos con 4 m de altura, así como laterales menores. En su extremo N se alcanza un paso más estrecho, en activo proceso de colapso. Se ve que la galería sigue y dobla en ángulo, pero la bóveda se está hundiendo (hay bloques recientemente desprendidos y otros que al menor roce podrían colapsar), por lo que detuvimos la exploración en este punto. En el sector previo al colapso se aprecia corriente de aire, por lo que debe existir una boca cercana. Dado el relieve topográfico, de seguir la galería, debería interceptar la superficie a menos de 100 m de este punto, donde además se acaba la caliza y está el contacto con las areniscas y lutitas Supraurgonianas. También es posible que el tramo tras el colapso presente otros derrumbes o esté completamente colapsado. Debido a que no es prudente intentar proseguir, limitamos la cavidad a su desarrollo hasta este punto.

Volviendo al salón de entrada, éste se extiende hacia el SE, se reduce en anchura y presenta un escarpe con una rampa lateral por la que se desciende a una galería inferior (cota -8 m). Esta se prolonga hacia el S en galería amplia (que se cierra en una zona más baja en su lado W) y alcanza en su extremo Sur hasta una ventana subcircular que intercepta una sima vertical, de rasgos naturales.

El tubo de la sima se prolonga hacia arriba varios metros, pero no llega a interceptar la superficie. Hacia abajo cae en vertical, con un primer tramo aéreo de 20 m, rampa de bloques, y dos pozos sucesivos, totalizando -38 m de desnivel. Su fondo, algo más estrecho, se obstruye en tapón de sedimentos (cota -46 m). El pozo, vertical y ahusado, presenta espeleotemas en forma de coladas de calcita y revestimientos de moonmilk, así como algunas afiladas aristas de corrosión. En el inicio de la vertical hay que pasar al lado de unos bloques acuñaos entre las paredes, donde también hay un bidón metálico de 200 lt, acuñaado y oxidado.

Dada la posición de la sima, a escasos 100 m en planta al S del contacto de la caliza con las lutitas Supraurgonianas, y dado que el buzamiento de las capas es de 40-45° S, el fondo de la sima está muy próximo o alcanza el nivel lutítico impermeable. La actividad hídrica en la cavidad se reduce a pequeñas filtraciones y goteos. La sima natural se ha formado en el endokarst, bajo la zona epikárstica, por procesos de erosión inversa y corrosión de las paredes, según la hipótesis de la erosión inversa y formación de cavidades fusiformes y pozos escalonados de Maucci (Mangin, 1975).

En conjunto, las galerías principales y la sima totalizan 414 m de desarrollo, mientras que la suma de los laterales es de 206 m. El desarrollo explorado y topografiado alcanza 620 m, con un desnivel total de 52 m (-46 m; +6 m).

Las galerías de mina contienen en diversos puntos pequeñas coladas y espeleotemas de hemimorfita y oxi-hidróxidos de hierro, mientras que las paredes de la sima natural presentan algunas espeleotemas de calcita. En las galerías de mina puede además apreciarse la diversidad de componentes minerales y diversas coloraciones de las rocas de los filones y bolsadas de calamina.

La temperatura ambiente en el interior de la cavidad es de 8-9°C y la temperatura de los escasos charcos de agua es de 8°C. La atmósfera subterránea posee una elevada humedad relativa (100%) en la zona profunda de la sima y algo menor en las galerías de mina, de ambiente algo más seco. Las aguas subterráneas que emergen en la surgencia de Utzeta son bicarbonatadas cálcicas, con 138 mg/l de bicarbonatos y una conductividad de 200 µS/cm. Son aguas muy transparentes y cristalinas, incluso durante las crecidas, sin rastros de contaminación química ni orgánica (EVE, 2000).

Todo ello sugiere una lenta infiltración a través de fisuras y conductos menores, que tributan en la zona profunda del acuífero a un colector preferente, con surgencia en Utzeta. Aunque el desnivel entre la zona más alta de la unidad caliza y la surgencia se aproxima a los -800 m, probablemente debido a los cambios laterales y verticales de facies, e intercalaciones de litologías menos permeables, no ha llegado a desarrollarse en el afloramiento ninguna cavidad extensa en sentido horizontal, predominando la infiltración vertical. Las cavidades mayores que hipotéticamente puedan existir, se extienden y quedan confinadas en el endokarst, sin galerías naturales de acceso para el ser humano, pero que en algunos casos han sido interceptadas por las minas. Tal como podemos apreciar en este caso y en otras simas-minas que pudimos explorar en el sector de Elkomen txiki (Galán et al, 2021).

# Mina-sima Azulegi 01



Coordenadas ETRS6, UTM 30N:  
N 4.781.022; E 566.898; Altitud: 856 m snm.  
Dimensiones: Desarrollo 620 m. Desnivel 52 m (-46 m; +6 m).  
Topografía: C.Galán; M.Nieto & I.Herraiz. 2021.  
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C. Aranzadi.

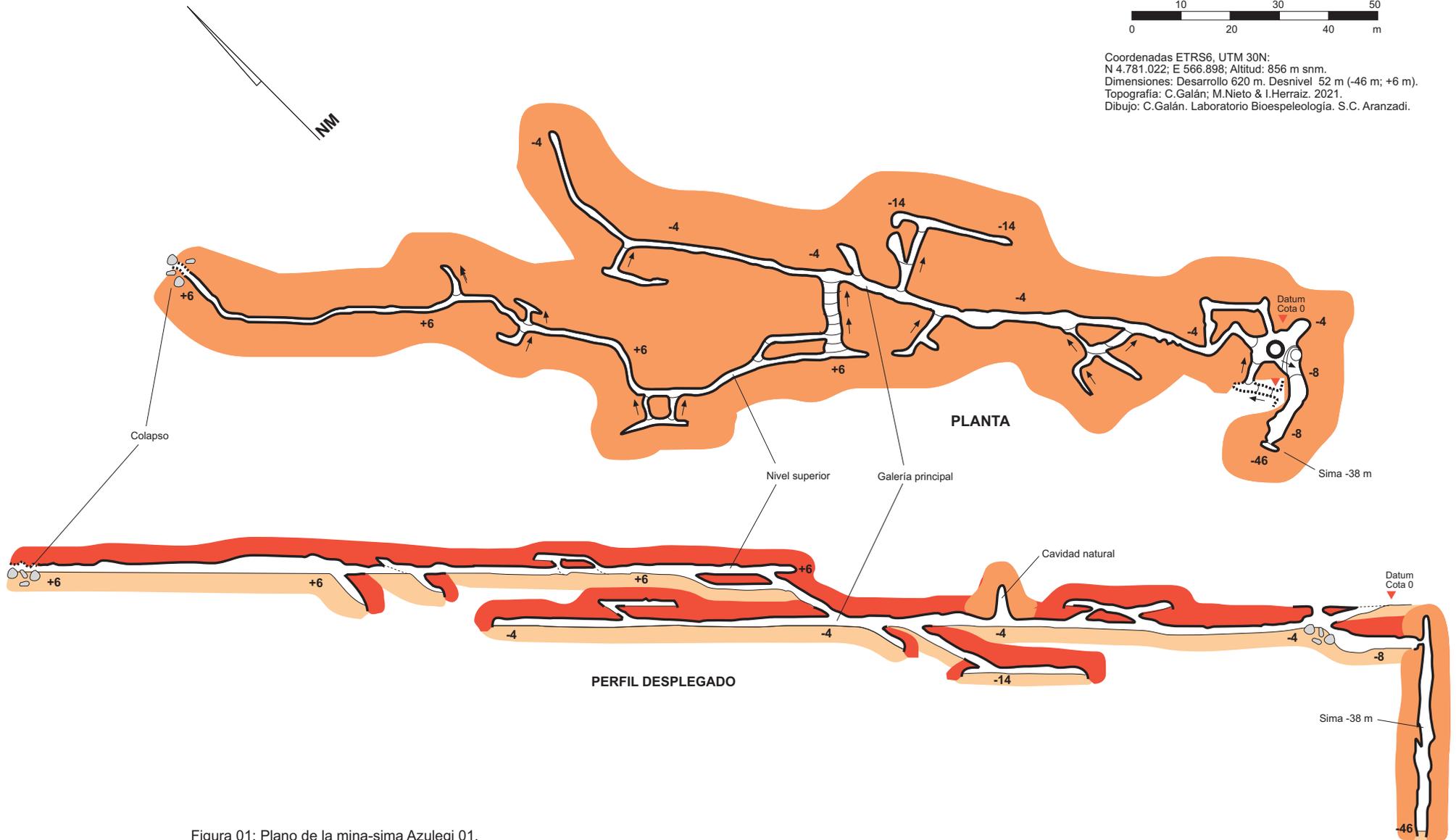


Figura 01: Plano de la mina-sima Azulegi 01.



**Figura 02.** Sector de Azulegi, en el flanco Sur del Gazume, con gran número de pequeñas minas excavadas en filones de silicatos de zinc y óxidos de hierro intercalados en la serie caliza.



**Figura 03.** Pequeñas minas en el sector de Azulegi (coto minero de Régil). La mayoría de ellas de unos pocos metros a decenas de metros, con frecuentes espeleotemas de calcita, hemimorfita y oxi-hidróxidos de hierro.



**Figura 04.** Otros ejemplos de pequeñas minas en el sector de Azulegi.



**Figura 05.** Algunas de las cavidades de Azulegi muestran -en parte- morfologías naturales, con surcos de tipo lapiaz.



**Figura 06.** Mina-sima Azulegi 01. Detalles del lapiaz en superficie, las dos bocas (sima y zanjón de acceso), y vista desde la boca principal (sima-claraboya de -4 m) hacia el salón inferior.



**Figura 07.** Zanjón de la segunda boca y sala inferior, con la claraboya y la galería en rampa procedente del zanjón.



**Figura 08.** Rampa de la segunda boca, sala, e inicio de la galería W (cota -4 m), de la mina-sima Azulegi 01.



Figura 09. Galerías del lado W con detalles de espeleotemas de calcita y hemimorfita.



**Figura 10.** Descenso desde la sala hacia la galería Sur (cota -8 m), la cual conduce a la sima de -38 m.



**Figura 11.** Extremo Sur de la Galería Sur (cota -8 m) y ventana de acceso a la sima natural de -38 m. Asegurando la colocación de un clavo de expansión para instalar la cuerda de descenso.



**Figura 12.** Mina-sima Azulegi 01. Instalación de la vertical de -38 m (arriba) e inicio del descenso (debajo), con detalles de coladas estalagmíticas, moonmilk y aristas de corrosión en las paredes del pozo.



**Figura 13.** Fondo de la sima de -38 m, punto más bajo de la cavidad (cota -46 m) y vistas de la vertical de la sima durante el ascenso. Se aprecian aristas de corrosión y recubrimientos blancos de moonmilk de calcita.



**Figura 14.** Detalles del ascenso en jumars de la sima, bloques empotrados y revestimientos de moonmilk.



**Figura 15.** Recogiendo cuerdas y equipos tras la exploración de la sima (arriba) e inicio de la galería del extremo NW (debajo y detalles) con un tramo con colapsos, relativamente inestable.



**Figura 16.** Bifurcación en bypass de la galería principal (a unos 40 m de la entrada) y detalle de un ejemplar de quiróptero *Rhinolophus hipposideros* (Rhinolophidae).



**Figura 17.** Diversos aspectos de la primera parte de la galería principal (cota -4 m) y toma de datos topográficos.



**Figura 18.** Galería principal de la cavidad, con ampliaciones y pequeñas galerías laterales.



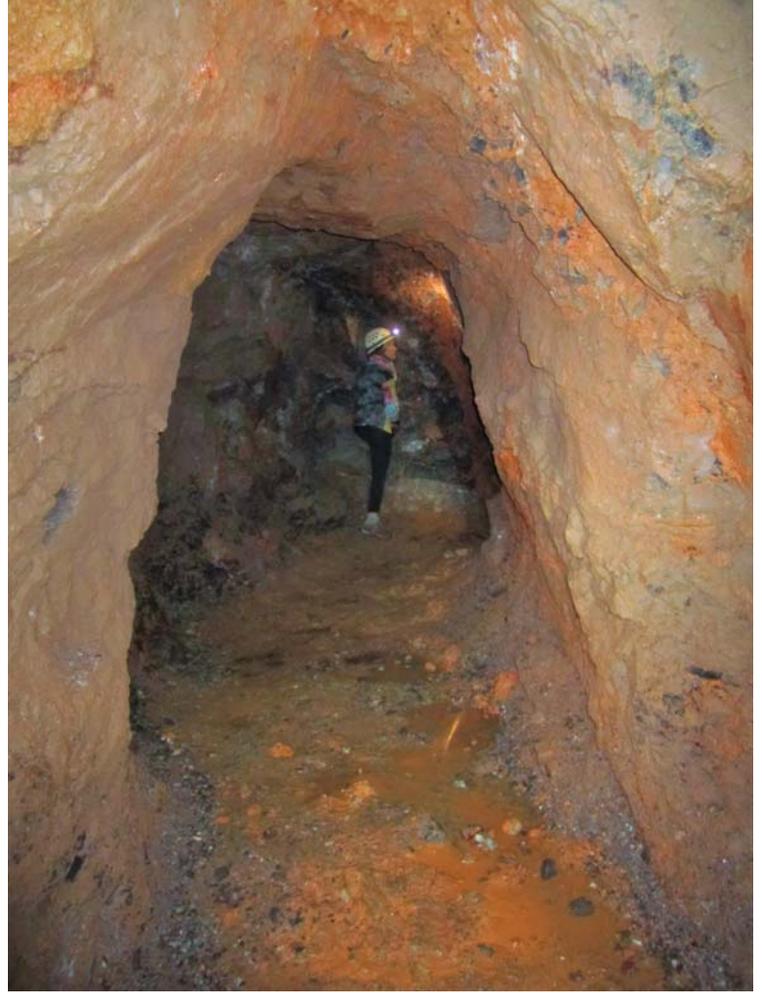
**Figura 19.** Mediciones topográficas y tramo en que la mina intercepta una cavidad natural, en forma de alta chimenea, con algunas espeleotemas y coladas estalagmíticas sobre las paredes.



**Figura 20.** Sector Norte de la galería principal, con restos en el suelo de traviesas de madera de una vía estrecha para vagonetas. La madera en descomposición es utilizada por isópodos *Trichoniscoides* y entre los guijarros habitan coleópteros Leptodirinae troglobios. Pseudoescorpiones *Neobisium*, depredadores, deambulan por las paredes.



**Figura 21.** Fondo de la galería principal (cota -4 m) y lateral superior, con tramos de roca de intensos colores rojos, debidos a la presencia de materials ferruginosos y óxidos de hierro.



**Figura 22.** Galería superior (cota +6 m), con tramos de 4 m de altura, y fondo de la galería principal (cota -4 m), con pequeñas charcas de agua y tramos de rocas rojizas.



**Figura 24.** Galería superior, siguiendo las bolsas de calamina (hidroxi-silicato de zinc hidratado).



**Figura 24.** Colapso de la galería superior en su extremo N (cota +6 m), con bloques en proceso de desprendimiento.



**Figura 25.** El paisaje en el sector de Azulegi, con escombreras, zanjones, pequeñas minas y restos de antiguas bordas utilizadas por los mineros.



**Figura 26.** Hayedo en el sector de las minas de Azulegi (monte Gazume) y vista hacia el macizo de Ernio, al fondo.

## FAUNA CAVERNÍCOLA

En la zona de entrada en penumbra y en el salón bajo la claraboya hay una gradación de la vegetación criptográfica, con pequeños helechos, musgos, líquenes y tapices de algas verdes, así como tapices de Cyanobacteria, de colores rosáceos. En la zona oscura de las galerías existen algunos films bacteriales blancos, de Actinobacteria.

La fauna encontrada incluye especies troglógenas y troglófilas comunes en cuevas de la región y mejor representadas en las cavidades de Elkomen txiki (Galán et al, 2021). Estas comprenden: (1) Gasterópodos terrestres *Clausilia (Iphigena) rolphi* (Clausiliidae), *Oxychillus cellarius* (Zonitidae) y *Elona quimperiana* (Xanthonychidae). (2) Araneidos *Meta menardi*, *Meta bourneti* (Tetragnathidae) y *Eratigena (Tegenaria) inermis* (Agelenidae). (3) Dípteros *Limnobia nubeculosa* (Limnobiidae) y *Culex p. pipiens* (Culicidae). (4) Lepidópteros *Triphosa dubitata* (Geometridae) y *Scoliopteryx libatrix* (Noctuidae). (5) Tricópteros *Micropterna fissa* (Limnephilidae). (6) Opiliones *Ischyropsalis nodifera* (Ischyropsalididae). (7) Isópodos terrestres *Oniscus asellus* (Oniscidae). (8) En la parte central de la galería principal, próxima a la cavidad natural que atraviesa la galería de mina, encontramos pequeños acúmulos de guano de quirópteros, habiendo observado en una de las salidas un ejemplar de quiróptero *Rhinolophus hipposideros* (Rhinolophidae), siendo probable que otras especies frecuenten la cavidad. (9) En el mismo sector encontramos restos óseos (dos mandíbulas y huesos largos) de un ejemplar juvenil de tejón *Meles meles* (Carnívora: Mustelidae). Es probable que algunas otras especies de carnívoros o de roedores frecuenten eventualmente la cavidad.

La fauna troglobia hallada comprende tres especies: el pseudoescorpión *Neobisium (Blothrus) vasconicum*; el isópodo terrestre *Trichoniscoides cavernicola* (Trichoniscidae); y el coleóptero *Speocharidius b. breulli* (Leiodidae: Leptodirinae). Estas especies han sido halladas antes en otras cavidades de Ernio y Gazume (Galán, 1993; Galán, 2021; Galán et al, 2021). Puede consultarse información biológica y ecológica más detallada de estas especies en los citados trabajos.

No obstante, las tres especies troglobias halladas son taxa cavernícolas muy especializados y troglomorfos (depigmentados y anoftalmos), endémicos de Gipuzkoa y 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 comprende 18 especies distintas, tres de ellas troglobias.

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 han interceptado. Permitiendo así su poblamiento tanto por especies cavernícolas de antiguo origen como por especies troglógenas y troglófilas que acceden actualmente a través de las galerías de mina.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

La ecología subterránea de esta cavidad destaca por la presencia de especies troglobias de isópodos Trichoniscidae, pseudoescorpiones Neobisidae y coleópteros Leptodirinae, junto a diversas especies de invertebrados troglógenos y troglófilos, y vertebrados troglógenos (quirópteros y carnívoros). La escasa actividad hídrica y tal vez la ocurrencia de muchos compuestos metálicos en la litología de la roca encajante, pueden limitar la composición y diversidad de la biocenosis observada.

La sima 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 puede interceptar los vacíos subterráneos existentes en el endokarst, generando de este modo formas mixtas.

Este afloramiento calizo del flanco S de Gazume presenta formas de lapiaz en superficie y una red de vacíos subterráneos bajo ellos en la denominada zona epikárstica (Maire, 1980). Esta zona de absorción determina las modalidades de la infiltración difusa a través de una densa red de fisuras y diaclasas, que transfieren la infiltración generalmente según un esquema vertical (escalera de pozos), el cual puede contener niveles acuíferos colgados, donde la disolución eventualmente amplía su trabajo. Otras veces los pozos evolucionan en forma fusiforme (por corrosión y coalescencia), formándose simas que progresan en el endokarst hacia abajo y hacia arriba, hasta abrirse en superficie (hipótesis de los husos y simas fusiformes de Maucci) (Mangin, 1975; Galán et al, 2021). Las galerías de mina, que en este caso han seguido bolsadas y vetas de calamina intercaladas en la serie caliza, han generado así formas mixtas (minas-simas), 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.

Tales cavidades están pobladas por fauna cavernícola, incluso especies troglobias de antiguo origen, que son capaces de desplazarse a través de los vacíos del endokarst. El medio subterráneo revela así que contiene un hábitat extenso, que abarca vacíos considerables en el subsuelo, aéreos o inundados, pero tal vez mayores que las redes de cavernas hasta hoy conocidas. Y estas cavidades pueden albergar múltiples especies y rasgos de interés científico en Biología Subterránea y Karstología.

## AGRADECIMIENTOS

A dos revisores de Biosphere Consultancies (Reino Unido) y Sociedad de Ciencias Aranzadi (País Vasco) por sus correcciones y útiles sugerencias.

## BIBLIOGRAFIA

- Boillot, G. & J. Malod. 1988. The north and north-west Spanish continental margin: a review. *Rev.Soc.Geol.España*, 1: 295-316.
- Campos, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. *Munibe*, S.C.Aranzadi, 31(1-2): 3-139.
- 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. Fauna cavernícola de la cueva de Mako (macizo de Ernio, País Vasco). *Publ. Dpto. Espeleo. S.C.Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org*, PDF, 24 pp.
- Galán, C.; M. Nieto; I. Herraiz & A. García. 2021. 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.
- 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.
- 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.