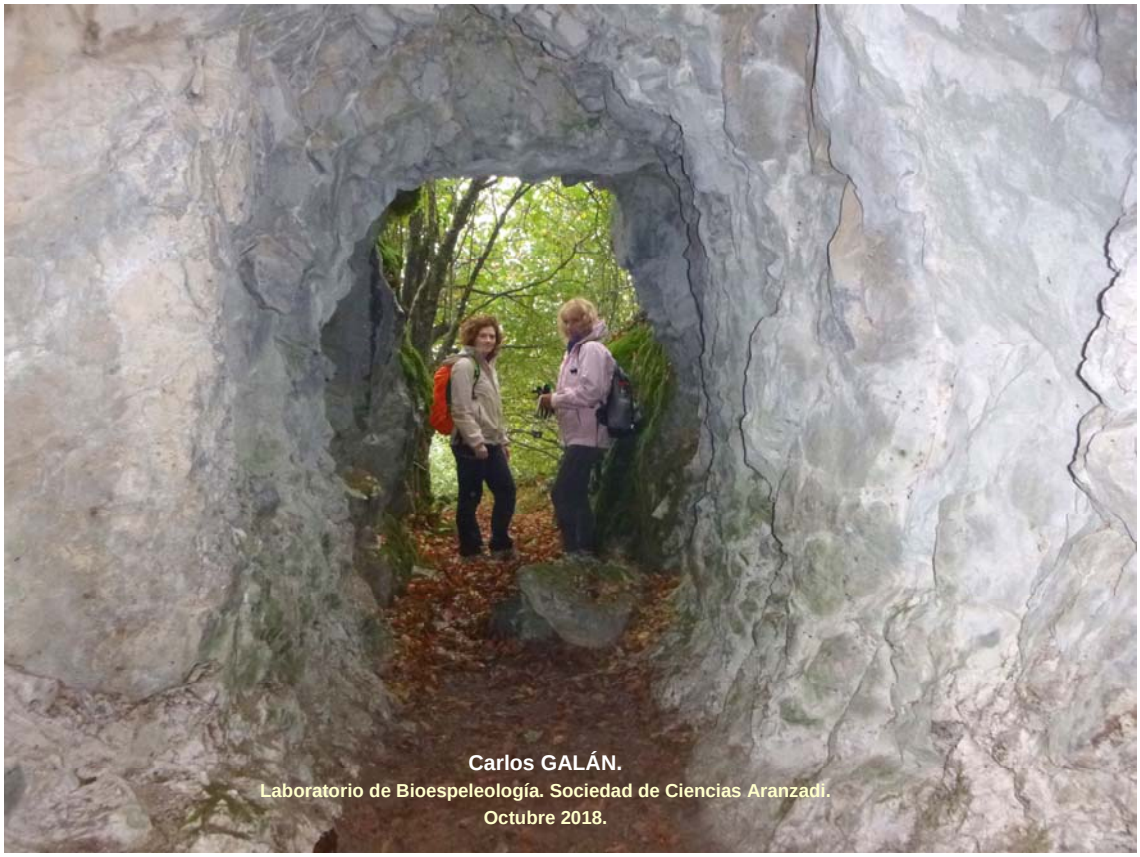
QUIRÓPTEROS E INVERTEBRADOS COLONIZANDO UNA PEQUEÑA MINA DE YESO EN CALIZAS ARRECIFALES MASIVAS.

Chiroptera and invertebrates colonizing a small gypsum mine in massive reef limestones.



Carlos GALÁN.
Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.
Octubre 2018.

QUIRÓPTEROS E INVERTEBRADOS COLONIZANDO UNA PEQUEÑA MINA DE YESO EN CALIZAS ARRECIFALES MASIVAS.

Chiroptera and invertebrates colonizing a small gypsum mine in massive reef limestones.

Carlos GALÁN.

Con la colaboración de: Marian Nieto, Ainhoa Miner, José M. Rivas & Laura Núñez.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.
Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.
E-mail: cegalham@yahoo.es
Octubre 2018.

RESUMEN

En la caliza arrecifal de Minatxuri, la mina blanca, cima situada en el cordal de Erroizpe - Gazteluaitz (Gaztelu, Gipuzkoa) existe una pequeña mina de yeso, donde se explotaron vetas de este mineral incluidas en la serie caliza. Las minas abandonadas, como otras cavidades artificiales, comparten con las cuevas naturales muchas características y a menudo están en comunicación con mesocavernas y vacíos menores, que las aguas subterráneas pueden ir retrabajando. Como otros hábitats de reciente creación, pueden ser pobladas por microorganismos y por animales de hábitos cavernícolas. Esta pequeña mina llamó nuestra atención tanto por contener vetas de yeso y espeleotemas de calcita, como por estar habitada por una población de quirópteros Rhinolophidae y diversas especies de invertebrados, a los que la mina proporciona refugio. El trabajo describe los principales rasgos geo-biológicos que presenta la cavidad y discute aspectos relacionados con la colonización y formación de ecosistemas hipógeos.

Palabras clave: Biología subterránea, Minas, Yeso, Karst en caliza, Quirópteros, Fauna cavernícola, Sucesión y Evolución.

ABSTRACT

In the reef limestone of Minatxuri, the white mine, top located in the Erroizpe - Gazteluaitz mountain range (Gaztelu, Gipuzkoa), there is a small gypsum mine, where veins of this mineral, included in the limestone series, were mined. Abandoned mines, like other artificial cavities, share many features with natural caves and are often in communication with mesocaverns and smaller voids, which groundwater can be reworked. Like other habitats of recent creation, they can be populated by microorganisms and by animals with cave-like habits. This small mine caught our attention both for containing gypsum veins and speleothems of calcite, as well as being inhabited by a population of bats Rhinolophidae and various species of invertebrates, to which the mine provides refuge. The work describes the main geo-biological features of the cavity and discusses aspects related to the colonization and formation of hypogeous ecosystems.

Keywords: Subterranean Biology, Mines, Gypsum, Limestone Karst, Chiroptera, Cave-fauna, Succession and Evolution.

INTRODUCCION

El medio hipógeo comprende sistemas de vacíos subterráneos en distintas litologías. Las minas, como otras cavidades artificiales, a menudo interceptan las redes de fisuras de la roca-caja, mesocavernas y vacíos menores, estableciendo así comunicaciones que las aguas subterráneas atraviesan. Una vez cesada la actividad extractiva, el paso del tiempo y la infiltración de las aguas van remodelando los espacios subterráneos, siendo susceptibles de ser colonizados por distintas formas de vida.

Se puede decir que las galerías abandonadas de mina comparten con las cuevas naturales un conjunto de características: su oscuridad total, alta humedad relativa, ausencia de plantas verdes, circulaciones hídricas subterráneas, formación de espeleotemas, rellenos sedimentarios y cierto contenido de materia orgánica, constituyendo de este modo un nuevo hábitat, de reciente creación, susceptible de ser colonizado por microorganismos y animales cavernícolas.

En forma paralela a otros hábitats de reciente formación, bien sea por procesos naturales (como en el caso de nuevas islas producto de erupciones volcánicas) o artificiales (creación de arrecifes artificiales a partir de pecios en el mar o el caso de túneles y minas en tierra), los nuevos biotopos hipógeos creados, van siendo poblados por seres vivos, en sucesiones que se inician a partir de la colonización desde ecosistemas próximos o limítrofes. La capacidad de vida en el planeta es una sola, múltiple y cambiante.

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

La mina objeto de este trabajo reúne rasgos singulares, por contener vetas de yeso en el afloramiento de calizas arrecifales, que se presenta karstificado y con desarrollo de lapiaz en superficie. Sin duda en él existen micro y mesocavernas, incluso con la posibilidad de que se puedan encontrar cavidades mayores (macrocavernas), ya que se trata de un monte abrupto y poco prospectado. La extracción de yeso y excavación de la mina se inició al parecer hace 200 años, habiendo cesado hace entre 50 y 100 años. En este escaso lapso de tiempo, transcurrido desde la excavación, se han formado algunas costras de espeleotemas, de espesores milimétricos, pero que llegan a cubrir amplias superficies. El escaso tiempo dispuesto tras la creación de la mina se manifiesta también a nivel faunístico, con predominio de especies troglóxenas y cavernícolas poco especializados, en proceso de colonización y adaptación al nuevo ambiente subterráneo. Destaca en este sentido que la mina abandonada alberga y sirve de refugio para una población de quirópteros. En el presente trabajo describimos la cavidad y sus rasgos geo-biológicos más destacables, que, a nuestro modo de ver, resultan de interés científico para la biología subterránea y la karstología, particularmente en lo referente a la colonización y creación de nuevos ecosistemas hipógeos.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo describe la mina y sus principales rasgos geo-biológicos. Así como la ocurrencia de distintos tipos de espeleotemas y geoformas. Se utilizaron frontales Leds y las técnicas habituales en bioespeleología. Algunas muestras colectadas de fauna fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. La topografía fue efectuada con instrumental de precisión Suunto (brújula y clinómetro). El plano fue dibujado en programa Freehand. Se tomaron fotografías con una cámara digital Panasonic, para ilustrar detalles de la mina y de la fauna que en ella habita.

RESULTADOS

Minatxuri es una mina abandonada de yeso y topónimo de la cumbre en que se localiza, en el cordal de Erroizpe - Gazteluaitz, en su ladera Sur, perteneciente al municipio de Gaztelu (Gipuzkoa). Se trata de una cavidad excavada artificialmente por mineros artesanales, que buscaban complementar los trabajos de pastoreo de ovejas y del caserío con la extracción de yeso.

La zona alta del cordal montañoso, que alcanza 808 m de altitud, constituye un afloramiento de calizas arrecifales masivas y estratificadas del complejo Urgoniano, de edad Aptiense (Cretácico temprano). Este suprayace a otras unidades carbonáticas de edad Jurásico, con relaciones hidráulicas entre ellas, que en conjunto constituyen un acuífero multicapa kárstico de flujo difuso (EVE, 2003). La descarga final se realiza a través del manantial de Urbeltza, localizado en el flanco N de la montaña, a una cota de 256 m snm.

Geológicamente, el acuífero de Urbeltza se enclava en una zona muy compleja en el borde SW del macizo de Cinco Villas, e incluye materiales de distinta litología que abarcan desde el Jurásico basal hasta los materiales Urgonianos de Gazteluaitz. La estructura geológica consiste en una sucesión de escamas tectónicas con desplazamientos de vergencia Norte y dirección E-W, que superponen en ocasiones los términos jurásicos entre sí. Los materiales jurásicos conforman un sinclinal cuyo flanco meridional se encuentra en parte laminado por el cabalgamiento del complejo Urgoniano. La estratificación buza hacia el Sur con valores de unos 45° en el Norte que se suavizan hacia el Sur.

El tramo inferior del acuífero de Urbeltza conforma el elemento capacitivo de la unidad hidrogeológica, conectado directamente a la surgencia. Este tramo está constituido por carniolas, dolomías y brechas olistostrómicas del Jurásico basal, con una potencia de 100 m. Esta banda se encuentra recubierta por materiales carbonáticos Jurásicos y Urgonianos y por materiales Cuaternarios en la depresión de Berastegi. El substrato impermeable está formado por los niveles arcillosos y yesíferos del Trías a lo largo de la falla de Galitxi y por materiales limolíticos y areniscosos del Buntsandstein en el resto de la unidad.

A este tramo suprayace otro constituido por calizas nodulosas con sílex del Dogger, con una potencia semejante, de 100 m. Y a éste el tramo de calizas Urgonianas de Gazteluaitz, donde se localiza la mina. Los diferentes tramos recargan el acuífero inferior, con surgencia final en Urbeltza.

El tramo superior de calizas Urgonianas de Gazteluaitz alcanza una potencia máxima de 500 m, pero esta disminuye bruscamente por cambios de facies y por efectos tectónicos. El substrato impermeable está formado por materiales detríticos del propio complejo Urgoniano y por algunos términos jurásicos sobre los que cabalga. Los términos permeables jurásicos son los que facilitan la conexión hidráulica con el acuífero de Urbeltza. La estructura corresponde a una serie monoclinal buzante al Sur, que ha sufrido un desplazamiento hacia el N laminando la serie jurásica.

En conjunto, la superficie drenada por el acuífero de Urbeltza asciende a 15,5 km^2, de los que 5,7 km^2 corresponden a los afloramientos permeables Urgonianos de Gazteluaitz. El manantial de Urbeltza es uno de los más importantes de Gipuzkoa y el de mayor caudal de estiaje, presentando máximos de 800 l/s y estiajes mínimos de 100 l/s, siendo el volumen anual medio drenado de 9,8 Hm^3. Detalles hidrogeológicos adicionales pueden consultarse en EVE (2003) y Galán et al (2018).

La mina estudiada está situada a 1,2 km al ENE de Gaztelu, sobre el flanco Sur de la montaña, a 30 m por debajo de la cumbre de Minatxuri o roquedo de Gazteluko harkaitza (782 m snm), a 220 m al SSE de la borda de Bordaxar, en el límite del hayedo con una zona de prados. Sus coordenadas ETRS89 UTM 30N son: N 4.775.004; E 580.720; altitud 754 m snm. Frente a la boca de la mina hay una escombrera que facilita su localización, ya que no hay sendero apreciable.

Minatxuri, la “mina blanca”, tiene una boca de 2 m de alto x 1,5 m de ancho y consta de una galería única de 17 m de largo. Su tramo inicial, horizontal y de 10 m de longitud, mantiene una sección constante en “U” invertida, elevándose progresivamente su altura de techo. El suelo de la galería desciende a continuación en rampa -2 m, abriéndose en una sala más espaciosa, de 7 x 4 m y techo a 6 m de altura. La sala presenta dos pequeños nichos, uno lateral y otro en el fondo, elevados sobre el nivel del suelo. El desarrollo total es de 17 m y el desnivel de -2 m (Fotos en Figuras 01 a 14; Plano de la mina en Figura 15).

A lo largo de las paredes y bóvedas hay numerosos recubrimientos de espeleotemas de calcita en forma de films o costras de espesores milimétricos. En algunos puntos emergen raicillas a través de fisuras y las paredes presentan recubrimientos blancos porosos de tipo moonmilk. El suelo es bastante plano, constituido por tierra con algo de materia orgánica y/o pequeños bloques disgregados. En las paredes, techo y suelo de la sala se observan vetas de mineral de yeso, entre estratos de caliza, y en el suelo podemos encontrar fragmentos monoclínicos de yeso bien cristalizado.

Las vetas de yeso forman masas compactas, blancas, integradas por cristales diminutos (variedad alabastro). Esto y la coloración blanca a gris claro de la facies coralina de la caliza arrecifal, más los recubrimientos de calcita, otorgan a la cavidad un aspecto claro, con paredes blancas y ocres, de donde debe haber surgido su denominación como Minatxuri o mina blanca. Este yeso en vetas o entre estratos es yeso secundario, procedente de la hidratación de anhidrita, que a su vez se formó a partir de yeso primario de origen evaporítico (Galán, 2018). La ocurrencia de cuevas en caliza con lechos de evaporitas no es infrecuente y ha sido señalada por ejemplo para cuevas en Nuevo México, las cuales contienen interestratos de yeso derivados de una secuencia de evaporitas en las calizas de San Andrés (Hill, 1982); otros ejemplos a nivel global son presentados en: Hill & Forti (1997); no obstante, este es el primer ejemplo reportado para Gipuzkoa de vetas de yeso de este tipo, ya que generalmente el yeso aparece en diapiros y arcillas yesíferas del Keuper (Triásico), así como en formaciones evaporíticas Terciarias en la cuenca del Ebro.

El ambiente en la cavidad es relativamente seco (humedad relativa de 80-90% en el fondo de la mina) e isotérmico (temperatura de 12ºC), siendo escasas las filtraciones y faltando charcas de agua, incluso en períodos de abundante lluvia, como en la fecha de inicios de octubre en que efectuamos la exploración. Aparentemente la roca-caja caliza en que está excavada la cavidad es masiva y compacta, por lo que llegan escasas filtraciones a la galería.

La fauna cavernícola identificada, hallada mediante prospección directa, comprende 12 especies troglóxenas y troglófilas, no habiéndose observado formas troglobias. Probablemente ello se deba a que la roca masiva en que está excavada la mina no presenta fisuras lo suficientemente amplias para permitir intercambios de fauna con el medio hipógeo adyacente, que debe existir ya que el lapiaz (con pequeñas cavidades y mesocavernas) está presente en toda la superficie del afloramiento, particularmente en la cumbre del roquedo de Gazteluko harkaitza.

En la cavidad, poco antes de alcanzar la sala, encontramos un ejemplar aislado de murciélago grande de herradura *Rhinolophus ferrumequinum* Schreber, 1774 (Chiroptera: Rhinolophidae), y en la bóveda de la sala, un grupo de 5 ejemplares de la misma especie, que se encontraban aletargados y no emprendieron el vuelo durante nuestra visita. Se trata en consecuencia de una pequeña población de esta especie que utiliza la mina como lugar de refugio e hibernación, lo que agrega una nueva cita para esta especie amenazada (aunque previamente ha sido reportada de localidades muy próximas) (entre otras: Galán, 1993, 1997; Galán et al, 2004, 2018). En la mina hay pequeños acúmulos de guano disperso.

La fauna de invertebrados encontrada incluye 11 especies troglóxenas y troglófilas comunes en cuevas de la región. Destacan diversas especies de dípteros, lepidópteros, araneidos, gasterópodos, isópodos, y coleópteros. El material identificado incluye: moluscos *Oxychilus draparnaudi* (Beck, 1837) (Oxychilidae); araneidos *Pholcus phalangioides* Fuessly, 1775 (Pholcidae), *Meta menardi* (Latreille, 1804) (Tetragnathidae), *Tegenaria inermis* (Simon, 1870) (Agelenidae); isópodos *Oniscus asellus* (Oniscidae); dípteros *Rhymosia fenestralis* (Meigen, 1818) (Mycetophilidae), *Limonia nubeculosa* Meigen, 1804 (Limoniidae), *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 (Culicidae); lepidópteros *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus, 1758) (Noctuidae), *Triphosa dubitata* (Linnaeus, 1758) (Geometridae); y coleópteros *Metallina properans* (Stephens, 1828) (Carabidae). Particularmente abundantes en número resultan los dípteros, lepidópteros y araneidos, seguidos de los caracoles e isópodos, y siendo raros o accidentales los coleópteros. Es factible que con muestreos más detallados, con empleo de cebos, aparezcan otras especies.

Figura 01. El lapiaz en el afloramiento de calizas Urgonianas de Minatxuri, con oquedades y mesocavernas.

Figura 02. Boca y zona de entrada de Minatxuri, la mina blanca, excavada en calizas arrecifales con vetas de yeso.

Figura 03. Recubrimientos de espeleotemas de calcita y vetas de yeso entre los estratos de caliza.

Figura 04. Fragmentos monoclínicos de yeso alabastro y detalle de la estructura de algunas de las vetas de yeso.

Figura 05. Ejemplares de caracoles *Oxychilus draparnaudi* sobre paredes con recubrimientos de calcita.

Figura 06. Diversos ejemplares de araneidos y dípteros. Son los grupos más abundantes en número en Minatxuri.

Figura 07. Lepidóptero *Scoliopteryx libatrix*, dípteros y araneidos, y detalle de raicillas que penetran a través de fisuras junto a recubrimientos porosos de calcita de tipo moonmilk.

Figura 08. Un ejemplar aislado y grupo de 5 ejemplares (dos de ellos juntos) de *Rhinolophus ferrumequinum.*

Figura 09. Galería principal de Minatxuri, sala en la cota -2 m y nicho colgado en la parte final.

Figura 10. Bóveda de la sala, donde se aprecia la disposición de los estratos y espeleotemas de calcita (arriba). Detalles de una veta de yeso y concentración de lepidópteros *Triphosa dubitata* (debajo).

Figura 11. Detalles de vetas de yeso y fragmentos desprendidos en un nicho lateral de la sala final.

Figura 12. Recubrimientos blancos de espeleotemas de calcita y prospectando en busca de fauna cavernícola entre bloques del suelo y sedimentos detríticos.

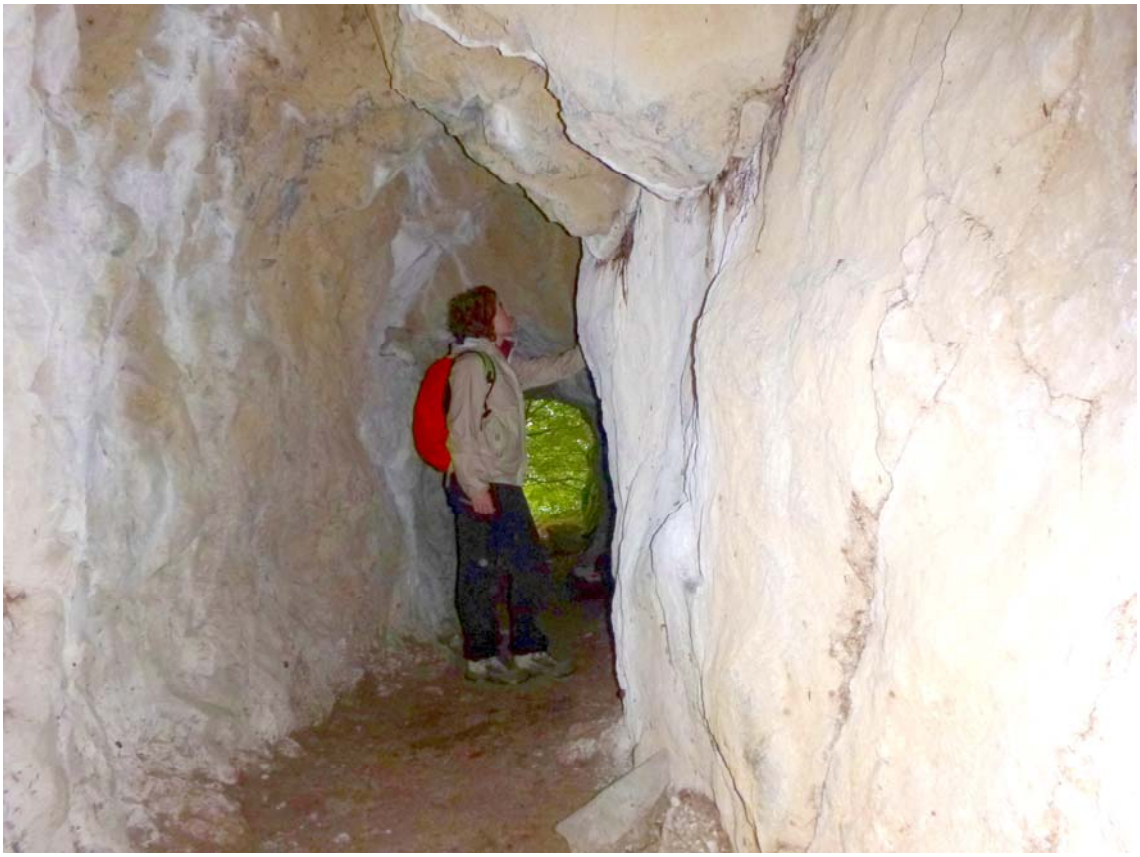


Figura 13. Diversos aspectos de la galería de la mina, de colores claros (blancos y ocres). Se aprecian algunos lepidópteros, dípteros y raicillas, así como recubrimientos porosos de calcita.

Figura 14. Hojarasca en la zona de entrada y suelos con materia orgánica. Se aprecia también un caracol *Oxychilus*. La boca de la cavidad es la vía de ingreso utilizada para la colonización del ambiente hipógeo de la mina.

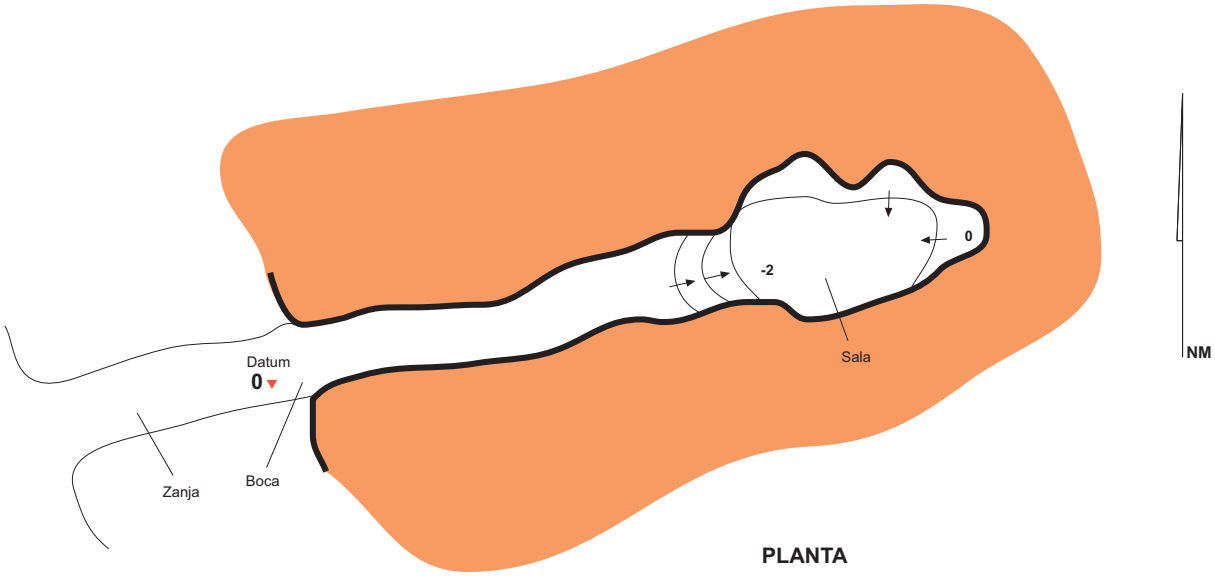
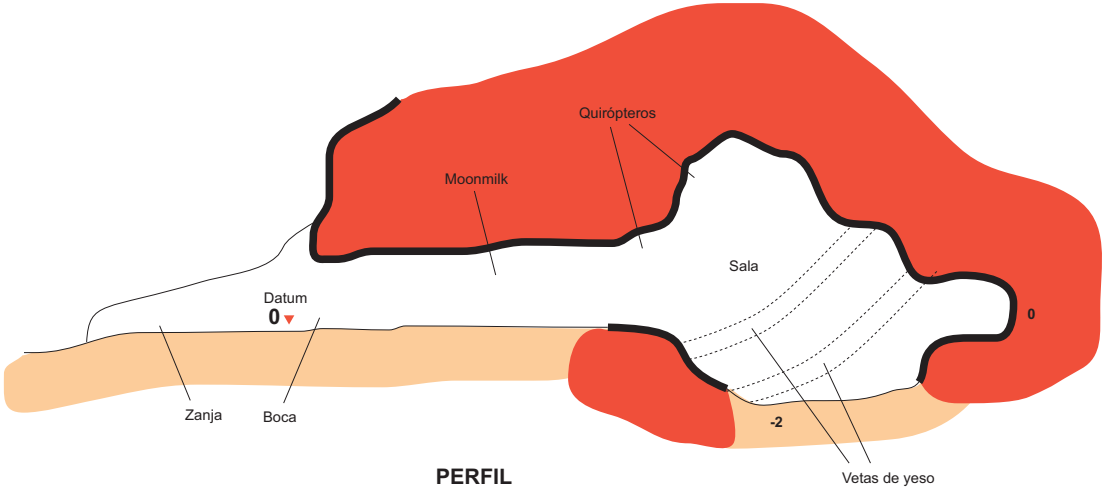


Figura 15.

Plano de la cavidad.

Minatxuri.

Coordenadas ETRS89, UTM30N:
N 4.775.004; E 580.720. Altitud: 754 m snm.
Dimensiones: Desnivel: -2 m. Desarrollo espacial: 17 m.
Topografía: C.Galán & M.Nieto. SCA. 2018.
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



Las especies de dípteros y lepidópteros son troglóxenos regulares, representantes típicos de la asociación parietal, que acuden a las cuevas para pasar un período de letargo estacional (Galán, 1993). Las concentraciones de dípteros en la zona de entrada de las cuevas obedecen a requerimientos metabólicos de su ciclo de vida. Generalmente se trata de concentraciones de hembras en las que se produce una hibernación espontánea (no motivada por el descenso de temperatura). El período de letargo en estas especies, permite a las hembras aumentar su contenido graso sin alimentarse y prepararse para un nuevo período de reproducción. La transformación metabólica interna ocurre sólo cuando el mosquito está en un medio húmedo a relativamente baja temperatura, condiciones éstas que se encuentran con facilidad en cuevas y minas. Esto ha sido señalado para *Culex pipiens* (Roubaud, 1933).

La mayoría de los lepidópteros hallados en cuevas sólo las frecuentan durante el período invernal. Aunque algunas especies se refugian en las cuevas para invernar, éste no parece ser exactamente el caso de *Triphosa* y *Scoliopteryx.* Bouvet et al (1974) han mostrado que las hembras adultas de estos dos géneros experimentan una interrupción de la vitalogénesis y del desarrollo de los oocitos durante su estancia en las cuevas; al llegar la primavera cesa este período de inhibición y salen al exterior para efectuar la puesta. Durante la fase invernal *Scoliopteryx* permanece en reposo en las cuevas, pero en el caso de *Triphosa* pueden mostrar desplazamientos y hacer incluso salidas al exterior, por lo cual no se trata de una hibernación en sentido estricto.

Los caracoles *Oxychilus draparnaudi* son formas troglófilas. Se alimentan de restos vegetales y animales muy diversos, pero con sesgos carnívoros, ya que pueden predar sobre lepidópteros vivos y otros artrópodos de la asociación parietal. Para ello las formas cavernícolas poseen adaptaciones especiales en su estómago y hepatopáncreas, como niveles de quitinasa más altos que los de formas epígeas relacionadas (Galán, 1993).

Los isópodos terrestres *Oniscus asellus* son comunes en habitats húmedos y oscuros, tanto epígeos como hipógeos, por lo que pueden ser considerados troglófilos, de hábitos detrítívoros-omnívoros. Pertenecen a un linaje de reciente evolución, de hábitos endógeos, que habitan bajo piedras, en el medio hemiedáfico, grietas de lapiaz y zona de entrada de las cuevas.

Los grupos anteriores sirven de alimento a todo un conjunto de especies de arañas troglófilas, que son activos predadores. Hemos colectado e identificado tres especies (*Pholcus phalangioides*, *Meta menardi*, *y Tegenaria inermis*), pero es muy probable que en la mina haya alguna otra especie adicional. Todas ellas son de muy amplia distribución, frecuentes en cavidades del País Vasco. *M.menardi* alcanza una talla de 15 mm y es de las más frecuentes arañas en cuevas europeas*. T.inermis* es algo más estilizada y de hábitos similares. Ambas predan sobre dípteros y otros pequeños invertebrados, pudiendo dar caza a diplópodos, caracoles terrestres y babosas. *Pholcus phalangioides* es de talla más pequeña (7-8 mm) pero con patas muy largas; además de capturar insectos e isópodos, acostumbra a dar caza y comer a otras arañas (incluso mayores que ella, como *T.inermis*) y cuando escasea el alimento, puede practicar el canibalismo**.**

Entre los coleópteros hemos encontrado en la cavidad a una especie de carábido de la subfamilia Trechinae: *Metallina properans*, forma troglóxena, de hábitos endógeos y hemiedáficos, que también habita en la hojarasca de hayedos y llega a penetrar en la zona de entrada de las cuevas. Es de color negro y alcanza 4 mm de talla. Como otros Trechinae, es un activo predador de ácaros, colémbolos y otros pequeños artrópodos. De amplia distribución europea, se encuentra en bosques húmedos en todo el norte de la península Ibérica.

Otro aspecto significativo lo que constituye la ausencia de tapices de microorganismos, muy frecuentes en otras cuevas de la región. Normalmente en la zona de entrada de las cuevas son frecuentes tapices de algas, cianobacterias, hongos, y en zona oscura de bacterias y protozoos Amoebozoa. Su ocurrencia está relacionada con procesos geomicrobiológicos de alteración de la roca-caja y espeleotemas, formación de moonmilk, recubrimientos porosos de calcita, residuos de corrosión y delgados films cromóforos de oxi-hidróxidos de hierro y manganeso que tiñen con distintos colores las coladas de calcita.

El ambiente hipógeo es en general muy limitado en nutrientes, pero contiene una amplia variedad de interfases redox. Las interacciones entre los microorganismos de las cuevas y los minerales conducen a la disolución de la roca-caja, o a la precipitación de minerales secundarios (= espeleotemas). Así por ejemplo, muchos de los tipos de moonmilk son formados como parte del ciclo de vida de microorganismos (Caumartin & Renault, 1958; Williams, 1959; Hill & Forti, 1997; Northup & Lavoie, 2001). Los procesos metabólicos de bacterias oxidantes pueden generar considerable acidez, disolviendo las paredes de roca de las cuevas y las espeleotemas, o generando diversos residuos de corrosión y moonmilk. En Minatxuri no observamos tapices bacteriales evidentes, pero hay coladas blancas y porosas de calcita, cuya morfología sugiere la ocurrencia de bacterias para generarlas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En general es conocida la intervención de distintos microorganismos, especialmente bacterias, en la alteración del sustrato rocoso y en la génesis de diversas espeleotemas, especialmente moonmilk. Muchas bacterias, como producto de su metabolismo, generan ácidos que atacan el sustrato rocoso, produciendo corrosión de la roca. De igual modo es frecuente que las bacterias generen polímeros extracelulares, usualmente ácidos, que contienen grupos funcionales que fácilmente enlazan iones metálicos y contribuyen a la corrosión y a la ruptura de carbonatos y silicatos (Ford & Mitchell, 1990). En Minatxuri no encontramos tapices bacteriales, frecuentes en cuevas naturales de la región; las paredes y bóvedas de la mina se presentan muy compactas y con escasas filtraciones, constituyendo un ambiente comparativamente seco.

Esto y el escaso tiempo transcurrido desde la excavación de la mina son factores que probablemente expliquen el escaso desarrollo de espeleotemas, comunidades bacteriales y limitada presencia de especies cavernícolas, predominando en cambio taxa troglóxenos y troglófilos poco especializados, que pueden encontrarse también en ambientes crípticos, húmedos y oscuros, de superficie.

La colonización de cavidades artificiales y cuevas de reciente formación, en distintas litologías, generalmente se produce a través de procesos de sucesión, a partir de medios transicionales próximos o limítrofes. En el caso de galerías de mina, la colonización puede proceder a través de fisuras y filtraciones de agua desde el medio hipógeo profundo o adyacente. En este caso es frecuente que las cavidades presenten especies troglobias, acuáticas y terrestres, desde momentos tempranos de la sucesión. La otra vía general de colonización la constituyen las bocas de las cavidades, una zona de transición por excelencia, a través de las cuales pueden ingresar animales de mayor tamaño, desde grandes invertebrados procedentes de la hojarasca del suelo y lapiaz, formas muscícolas y especies epígeas higrófilas, hasta vertebrados como los quirópteros. En el karst de la región este suele ser el caso de numerosos gasterópodos, opiliones y araneidos. Otros invertebrados terrestres pueden proceder de especies que viven enfeudadas, más o menos profundamente, en el humus o en el suelo. La karstificación, al degradar los suelos y ampliar las fisuras, permite el paso de éstos al medio hipógeo. Puede encontrarse ejemplos de ello en colémbolos, dipluros, diplópodos y coleópteros. Numerosos isópodos terrestres, quilópodos, diplópodos y coleópteros proceden de este tipo de ambientes, edáficos o endógeos.

En el caso de Minatxuri, por tratarse de una cavidad horizontal en roca compacta, recibe al parecer pocos ingresos de materiales orgánicos desde el bosque superior, las filtraciones de agua son también escasas, el ambiente interno es algo seco, comparativamente, y la escasa fisuración no parece permitir el intercambio faunístico con cavidades kársticas adyacentes.

La boca de la mina constituye la vía principal de acceso, con escaso desarrollo de suelos, lo que limita también el ingreso de especies endógeas. La biocenosis de la mina se caracteriza por la presencia de troglóxenos, que utilizan la mina como parte de su hábitat o para cumplir requerimientos metabólicos en su ciclo de vida. Este es el caso para los dípteros, lepidópteros y quirópteros *Rhinolophus ferrumequinum*, a los que la mina brinda refugio y protección. Los moluscos, isópodos y coleópteros aprovechan nutrientes, materiales orgánicos y microartrópodos existentes en el escaso relleno de sedimentos detríticos y/u organismos microscópicos que habitan en las películas de agua e intersticios de las paredes de roca y espeleotemas. Un nivel de predadores, constituido básicamente por araneidos troglófilos, aprovecha y se sostiene por el ingreso, abundante y continuado, de invertebrados troglóxenos. La araña *Pholcus phalangioides* puede a su vez ser considerada un superpredador, en el ecosistema de la mina.

Minatxuri, a pesar de sus modestas dimensiones, constituye así un hábitat hipógeo peculiar, que permite sostener un incipiente ecosistema hipógeo, constituido por troglóxenos y cavernícolas poco especializados. Pero con una comunidad algo diversa, que incluye al menos 12 especies distintas de macrofauna, pese a ser sólo someramente investigada.

La Naturaleza nos muestra así que las cavidades, naturales y artificiales, aún de pequeño tamaño, pueden albergar un amplio espectro de organismos y fenómenos, de indudable interés científico. Lo que ha motivado la elaboración de esta nota.

BIBLIOGRAFÍA

Bouvet, Y.; M. Turquin; C. Bornard, S. Desvignes & P. Notteghem. 1974. Quelques aspects de l'écologie et de la biologie de Triphosa et Scoliopteryx, Lépidoptéres cavemicoles. Ann.Spéléol., 29(2): 229-236.

Caumartin, V. & P. Renault. 1958. La corrosion biochemique dans un reseau karstique et la genese du Mondmilch. Notes Biospeleologiques, 13: 87-109.

EVE - Ente Vasco de Energía. 2003. Mapa Hidrogeológico del País Vasco. Escala 1/100.000. Eusko Jaularitza - Gobiernp Vasco. 383 p.

Ford, T. & R. Mitchell. 1990. The ecology of microbial corrosion. In: Marshall, K.C. (Ed.). Advances in microbial ecology II. Plenum Press, New York, NY: 231-262.

Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzcoa: su ecología, biogeografía y evolución. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163.

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

Galán, C. 2018. Hallazgo de una interesante cavidad en la Formación Yesos de Falces (Caparroso, Navarra). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 28 pp.

Galán, C.; D. Peña & M. Nieto. 2004. Las minas de Anoeta y su fauna cavernícola asociada (macizo de Ernio, País Vasco). Pág. web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 14 pp.

Galán, C.; J. Rivas & M. Nieto. 2018. Interacciones geomicrobiológicas, quirópteros y fauna cavernícola en cavidades del valle de Mala erreka (Gaztelu, Gipuzkoa). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 33 pp.

Hill, C.A. 1982. Mineralogy of Torgac Cave. Cave Res. Fund., Ann. Report, 24: 19-20.

Hill, C.A. & P. Forti. 1997. Cave minerals of the world. 2nd ed. Huntsville, Ala., National Speleological Society, 463 p.

Northup, D.E. & K.H. Lavoie. 2001. Geomicrobiology of caves: a review. Geomicrobiology Journal, 18(3): 199-222.

Roubaud, E. 1933. Essai synthétique sur la vie du moustique commun (Culex pipiens). L'évolution humaine et les adaptations biologiques du moustique. Ann.Sci.Nat.Zool., 10(16): 1-168.

Williams, A.M. 1959. The formation and deposition of moonmilk. Trans. Cave Res. Group, 5(2): 133-138.