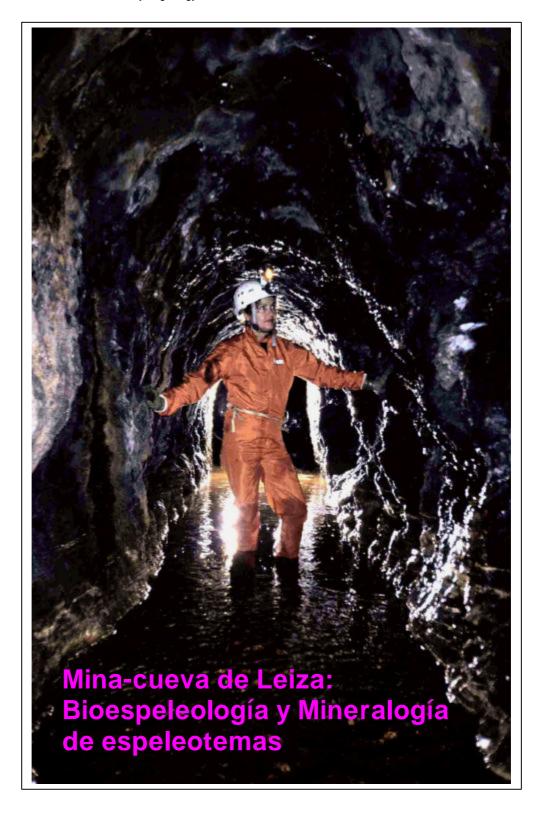
Fauna cavernícola, hidrogeología y mineralogía de espeleotemas en una mina-cueva de Leiza, Navarra.

Cave fauna, hydrogeology and caves minerals in a cave-mine from Leiza, Navarra.



Carlos GALAN Sociedad de Ciencias Aranzadi. Octubre 2003.

Fauna cavernícola, hidrogeología y mineralogía de espeleotemas en una mina-cueva de Leiza, Navarra.

Cave fauna, hydrogeology and caves minerals in a cave-mine from Leiza, Navarra.

Carlos GALAN.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga, 20014 San Sebastián (Spain).

E-mail: cegalham@yahoo.es

Octubre 2003.

Palabras clave: Bioespeleología, Fauna cavernícola, Geología, Mineralogía, Espeleotemas.

Key words: Biospeleology, Cave fauna, Geology, Cave-minerals, Speleothems.

RESUMEN.

Se describe y estudia la mina-cueva de Erankio, desarrollada en pizarras y conglomerados ferruginosos de edad Carbonífero (Paleozoico). La roca caja contiene inclusiones de fluorita y marcasita. La cavidad, recorrida por un río subterráneo, es notable por la cantidad y diversidad de espeleotemas, principalmente de goethita, pero también de limonita, crisocola, y epsomita. La fauna cavernícola es similar a la de cuevas en calizas, y posee especies stygobias de crustáceos y colémbolos. Se discute el origen de esta fauna y su relación con la de otras cuevas de la región.

ABSTRACT.

Erankio's mine-cave, developed on shales and ferruginous conglomerates from the Carboniferous Age (Paleozoic) is described and studied. The bedrock contains fluorite and marcasite inclusions. The cavity, covered by a subterranean river, is outstanding by the quantity and diversity of speleothems, mainly of goethite, but also limonite, chrysocolla and epsomite. The cave fauna is similar to that of caves in limestones, and it has got stygobiont species of crustacea and collembola. The origin of this fauna and its connection with that of caves in the same region is discussed.

INTRODUCCION.

La existencia de fauna cavernícola en medios hipógeos transicionales es conocida desde fechas relativamente tempranas (VANDEL, 1965; BARR, 1968; JUBERTHIE et al., 1980; JUBERTHIE & DELAY, 1981; JUBERTHIE & BOUILLON, 1982; RACOVITZA, 1983; HOWARTH, 1983).

Prospecciones bioespeleológicas efectuadas en los últimos años en Gipuzkoa y Navarra han revelado la existencia de fauna troglobia en medios hipógeos transicionales, distintos a cuevas en calizas. Estudios del MSS (Medio Subterráneo Superfical), medio intersticial, medio crevicular litoral y minas artificiales, en rocas de distintas edades y litologías, han puesto al descubierto la existencia de una fauna variablemente troglomorfa en distintos biotopos hipógeos, además de cuevas en caliza (GALAN, 1999, 2001, 2003; GALAN & HERRERA, 1998; GALAN & LEROY, 2003).

El interés de esta fauna reside en que puede contener biocenosis singulares, incluyendo organismos morfológicamente similares a los troglobios, sin contar que además pueden existir intercambios entre la fauna de cuevas de distintos afloramientos calizos a través de medios transicionales. Estos hechos permiten comprender algunos aspectos y mecanismos involucrados en la colonización de las cuevas y la evolución troglobia (GALAN, 2002).

Los invertebrados cavernícolas son en esencia habitantes de vacíos subterráneos de tamaño medio, las llamadas mesocavernas, de una dimensión entre 0,1 y 20 cm (HOWARTH, 1993; GALAN, 1993), y colonizan la zona profunda de macrocavernas (galerías o cuevas, mayores de 20 cm, que pueden ser recorridas por el ser humano) cuando éstas existen, como es el caso en calizas, yeso, cuarcitas y lava (GALAN, 1995; GALAN & HERRERA, 1998). Las minas artificiales son a este respecto particularmente interesantes, ya que al interceptar la red de fisuras y mesocavernas, pueden permitir el paso a éstas de troglobios que habitan en el ambiente profundo.

De igual modo, en minas abandonadas, sobre todo si interceptan la infiltración vertical o sistemas de aguas freáticas, pueden desarrollarse procesos erosivos y deposicionales similares a los que se presentan en cuevas en caliza. Así antiguos túneles y minas pueden contener espeleotemas (estalactitas, estalagmitas, gours, coladas) formados por la precipitación de las sustancias disueltas en las aguas, e igualmente pueden captar el drenaje subterráneo presentando ríos subterráneos y zonas inundadas (GALAN, 1991). Durante el 2002 tuvimos ocasión de estudiar en Gipuzkoa la sima-mina de Alzola, desarrollada en calizas carbonáceas con capas de lignito (del Cretácico temprano), y en sus galerías descubrimos una interesante fauna de troglobios, muy diversa; la cavidad resultó además notable por albergar un río subterráneo de mondmilch líquido (primer reporte mundial de esta naturaleza) y espeleotemas de goethita y otros minerales secundarios, en raras combinaciones (GALAN, 2003; GALAN & LEROY, 2003). Otras minas-cueva actualmente en estudio, en distintas litologías, también presentan fauna cavernícola y espeleotemas de interés, incluyendo especies stygobias de antiguo origen.

En la región de Leiza (Navarra) existen varios sistemas espeleológicos en calizas Jurásicas, con una fauna troglobia singular. A fines de 2002 localizamos una mina-cueva próxima a Leiza que llamó nuestra atención por presentar espeleotemas de goethita similares a las de la sima-mina de Alzola. La cavidad posee un río subterráneo y ampliaciones y laterales de origen natural en continuidad con la mina. Pensamos que era de interés estudiar la cavidad y su fauna, ya que además se desarrolla en una litología poco investigada y que normalmente no presenta cuevas; la roca-caja son pizarras de edad Paleozoico. La mayor antiguedad de estas rocas (en comparación con las cuevas en calizas Jurásicas y Cretácicas habitualmente estudiadas) nos hacía suponer que podrían producirse interesantes hallazgos. Esto, en parte, ha ocurrido. Los resultados son presentados en los siguientes apartados de este estudio.

MATERIAL Y METODOS.

La exploración y topografía de las cavidades fue efectuada con técnicas espeleológicas normales, empleándose instrumental Suunto (brújula y clinómetro) para los levantamientos topográficos.

Fueron tomadas 12 muestras geológicas (5 de la roca-caja e inclusiones y 7 de espeleotemas) para su estudio en laboratorio. Los aspectos de interés morfológico y geológico fueron documentados mediante fotos y observaciones in situ; se tomaron 48 diapositivas-color para ilustrar la morfología de la cavidad y la diversidad de sus espeleotemas.

La fauna fue colectada y estudiada mediante el empleo de cebos atrayentes, en ambientes terrestres y acuáticos. Se utilizó malla de plankton de 400 micras para la captura de stygobios y pincel y pinzas blandas de relojero para la captura de troglobios terrestres, utilizándose alcohol etílico al 75% como conservador. Se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y pH en los biotopos de captura.

La fauna fue estudiada en laboratorio con microscopio binocular de 40 á 200 aumentos, utilizándose material de comparación de la Colección de Bioespeleología de la Sociedad de Ciencias Aranzadi (SCA) y bibliografía específica para cada grupo taxonómico. El trabajo fue realizado a lo largo de siete salidas escalonadas entre Enero y Septiembre de 2003.

En los trabajos de campo el autor contó con la colaboración continuada de Marian Nieto y la eventual de: Jon Laskibar, Chris Besance, Eric Leroy y Sandrine Coissard (Dpto. Espeleología SCA). El material de arácnidos fue estudiado con la colaboración de Alberto de Castro (Dpto. Entomología SCA) y las muestras geológicas fueron estudiadas por Luis Viera (Dpto. Geología SCA). Espeleotemas blandas de minerales de hierro fueron comparadas con otras muestras de la sima-mina de Alzola (Gipuzkoa) identificadas con difracción de rayos X por Esteve Cardellach de la Universidad de Barcelona (GALAN & LEROY, 2003).

RESULTADOS.

AREA DE ESTUDIO Y LOCALIZACION DE LAS CAVIDADES.

El área de estudio está situada a 3,4 Km al NW de Leiza (Navarra), cerca del límite con Gipuzkoa, sobre la ladera de la margen derecha del valle del Leizarán. El sector, denominado Erankio, posee dos minas-cueva, cuya explotación fue abandonada hace 50 años. Los terrenos son pizarras carbonosas con materiales ferruginosos, de edad Paleozoico, asociadas al Macizo de Cinco Villas, pero poseen también inclusiones de otros minerales. Las pizarras Paleozoicas están próximas a un contacto con argilitas Permo-Triásicas y ofitas del Keuper.

Erankio Mina-cueva 1, tiene 185 m de desarrollo de galerías y -20 m de desnivel, y posee dos bocas. Las coordenadas UTM de la boca superior son: N 4.773.700; E 586.640; alt.: 440 m.snm. Mapa de Referencia: Berastegi 89-II, escala 1/25.000, IGN. A 20 m al NW de este punto se localiza una segunda mina (Erankio Mina-cueva 2), de 40 m de desarrollo y -4 m de desnivel. El mayor interés lo presenta la mina-cueva 1, ya que aparte de su mayor desarrollo posee un río subterráneo y galerías naturales.

Mina 2 es casi enteramente artificial, con menor desarrollo de la zona oscura y sólo leves ampliaciones o retoques debidos a filtraciones y derrumbes.

DESCRICION FISICA DE LAS CAVIDADES.

Erankio Mina-cueva 1 es una mina artificial, abandonada hace 50 años, con varios laterales formados por procesos naturales. Captura la infiltración local y actualmente es recorrida por un pequeño río subterráneo. Los procesos hídricos erosivos y la remoción de materiales desprendidos han ampliado la antigua mina y han formado pequeñas galerías laterales y otras ampliaciones, conformando una mina-cueva que resulta interesante por sus raras espeleotemas. Su desarrollo es de 185 m.

La boca de acceso, de 1,5 m de diámetro, da paso a una galería descendente más amplia que desemboca en la galería del río, de 4 m de ancho por 2,5 m de alto. Al lado de la entrada hay una claraboya (cota cero) que ilumina la zona de entrada. La paredes son en general de colores oscuros (negros, rojizos y grises), con zonas más claras. En este sector se presenta el mayor número de espeleotemas verdes-azules y turquesa formando finos recubrimientos sobre áreas pequeñas de las paredes.

La galería del río, a partir de la bifurcación (cota -5), presenta un tramo horizontal amplio, que se dirige hacia el E, de 15 m. El agua del curso subterráneo procede de una surgencia interna impracticable, situada en la base de una pared. En este sector hay también goteos y sobre las paredes diversas estalactitas y coladas blancas, ocres y negras. Algunas de las estalactitas tienen textura de gel; particularmente el extremo de muchas estalactitas blancas es una especie de coloide elástico, que se mueve al desprender las gotas de agua. Poco antes de la sala terminal (cota -4), en el suelo y en una pared, hay bloques e inclusiones blanco-translúcido de fluorita.

Si de la bifurcación seguimos río abajo, la galería se estrecha y presenta cascadas escalonadas, con suelo de bloques de desprendimiento. En este sector gotea mucha agua desde unas filtraciones del techo, incrementándose el caudal subterráneo. Tras un tramo de 20 m hacia el SW se llega a otra amplia bifurcación (cota -12). Sobre las paredes hay espeleotemas color bronce oscuro de goethita y también algunas blanco-crema. En el suelo hay diversos depósitos sedimentarios grises en masa, con fragmentos muy disgregados de marcasita (de color amarillo latón claro y brillo metálico) junto a otros de cuarzo (blanco) y flourita (blanco verdoso y amarillento).

Hacia el E una ventana da paso a otra salita, que prosigue en galería descendente, hasta alcanzar un sector inundado. La galería principal se dirige hacia el W y atraviesa un sector muy inestable, de techo bajo, que amenaza desprenderse. En el techo y paredes aparecen con mayor frecuencia estalactitas, coladas parietales y recubrimientos de goethita, de tonos metálicos bronceados y negros, oscuros y brillantes. En algunos nichos se intercalan espeleotemas blanco-crema, algunas de ellas blandas, con consistencia de geles.

Tras el tramo inestable la galería del río dobla hacia el N y tiene sección en U invertida. En la cota -17 intersecta un lateral E, de 10 m, por el cual ingresa otro aporte de agua. Esta galería presenta gours escalonados de materiales arcillosos, blandos, de tonos amarillentos y rojizos. En la intersección se forma una gran colada amarillenta con gours de diferentes tamaños; a pesar de su consistencia extremadamente blanda la morfología de las coladas y gours es similar a las que se forman en calcita.

Río abajo el cauce pierde inclinación y posee sedimentos arcillosos rojizos. Una ampliación o salita está profusamente decorada por largas estalactitas de goethita de tonos negros metálicos y bronce oscuro. Algunas de las estalactitas miden más de 1 m de largo.

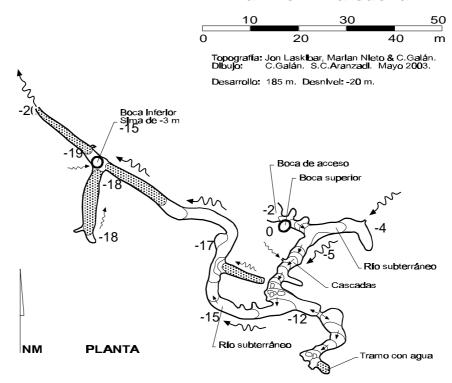
Tras otra curva la galería principal toma rumbo WNW, presentando largos tramos rectilíneos con sección en U invertida y espeleotemas de goethita más pequeñas, bronceadas y negras. En la cota -18 el agua pasa a inundar la galería, sin dejar orillas. La profundidad del tramo inundado alcanza 60 cm. Tras 17 m se llega bajo la boca inferior. Esta es una claraboya (simasumidero) de 3 m de desnivel. Por ella ingresa otro curso de agua, formando una cascada. Al pié de la vertical hay otra bifurcación. La rama Sur, amplia y de 15 m de largo, está inundada con 1 m de agua y termina en cul de sac.

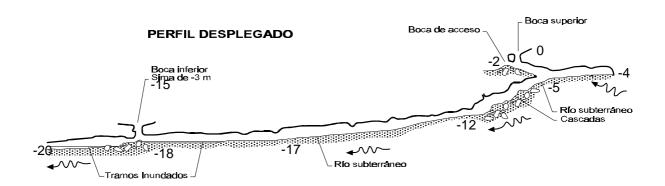
El río subterráneo prosigue hacia el WNW por una galería más estrecha, inundada, y con espesos sedimentos. Desciende levemente, con huellas de inundación periódica y techo progresivamente más bajo, que indica su sifonamiento. El punto más bajo alcanzado es la cota -20 (sumidero final).

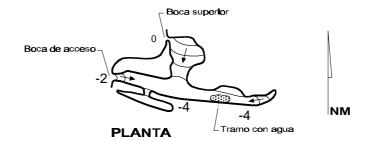
En este sector terminal y en la proximidad de la boca superior hay algunas espeleotemas que forman pequeños recubrimientos blancos, cristalinos, en agregados aciculares y fibrosos muy finos, en algunos casos con delicadas agujas de hasta 1 cm de largo, probablemente de epsomita.

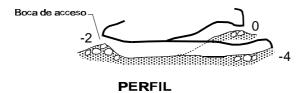
La mina-cueva 2 es de trazado mucho más simple. Consta de una galería de 26 m de largo, con una pequeña excavación paralela, y una sala lateral ascendente que comunica al exterior a través de una pequeña segunda boca. El desarrollo total es de 40 m. La galería principal finaliza en derrumbe y poco antes pequeñas filtraciones han formado una somera charca de agua. Posee escasas y pequeñas espeleotemas de goethita, de color bronce. En la zona de entrada de ambas bocas hay bloques disgregados con abundantes granos de cuarzo y maclas de marcasita. Tambien se observa junto a la boca superior pequeñas eflorescencias de epsomita que forman costras y pequeñas borlas.

Erankio Mina-cueva 1

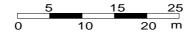








Erankio Mina-cueva 2



Topografía: J.Lasklbar, M.Nleto & C.Galán. Dibujo: C.Galán. S.C.Aranzadi. Mayo 2003.

Desarrollo: 48 m. Desnivel: -4 m.

GEOLOGIA DE LA ROCA ENCAJANTE.

La serie Paleozoica del macizo de Cinco Villas y Peñas de Aya ha sido detalladamente descrita por CAMPOS (1979). La sucesión esquistosa es eminentemente detrítica, y alterna de forma irregular lutitas pizarrosas y areniscas laminadas con intercalaciones de conglomerados y calizas de poca continuidad lateral; las lutitas constituyen la litología dominante; el color de los materiales es oscuro, gris a negro. La potencia total de la serie puede sobrepasar los 2.000 m de espesor.

Las areniscas se presentan como intercalaciones irregulares entre los niveles lutíticos, en lechos que raramente sobrepasan los 50 cm de espesor; son de colores grises claros y, en detalle, los lechos dejan ver una alternancia de delgados niveles claros y oscuros, de espesor milimétrico; el cambio de tonalidad corresponde a composiciones alternativamente más cuarzosas o micáceas. La matriz es lutítica y está formada por cuarzo de tamaño limo y minerales micáceos y arcillosos, entre los que predominan la mica blanca y la clorita, con considerables cantidades de materia carbonácea y óxidos de hierro. Las calizas son de color gris azulado, estratificadas en lechos de unos 20 cm de espesor; están muy recristalizadas y sus contactos con los esquistos no son netos sino que gradan a calizas arenosas y lutíticas. Sus afloramientos son frecuentemente poco espesos y en varios niveles, de poca continuidad lateral, por lo que no pueden ser representados en la cartografía, en la mayor parte de los casos.

La asociación litológica observada en las minas-cueva corresponde a pizarras limosas micáceas, carbonosas, de colores grises oscuros a negros, y paraconglomerados cuarzosos. Estas rocas han estado sometidas a un metamorfismo de grado moderado (CAMPOS, 1979). La edad de los materiales ha sido atribuida a un Paleozoico alto, posiblemente Carbonífero (Westfaliense), sin desechar la posibilidad de que también esté incluido el Devónico terminal (CAMPOS, 1979).

Las muestras tomadas en la mina-cueva 1 corresponden a microconglomerados de cuarzo compuestos por granos subesféricos muy maduros de tamaño comprendido entre 5 y 15 mm de diámetro, encerrados en una matriz ferruginosa que confiere a las muestras una gran densidad. Estas masas conglomeráticas se disponen en las muestras de forma netamente planar, estando delimitadas sus superficies mayores por caras subparalelas en contacto con rocas diferentes, hojosas, de grano fino y color oscuro, las cuales corresponden a lutitas pizarrosas carbonosas (VIERA, com.pers.). Estas pizarras presentan esquistosidad y colores grises, amarillentos, verdosos y negros, con laminaciones claras, marcadas por diferentes contenidos en cuarzo y materia carbonosa y micácea. Además de cuarzo no es raro encontrar feldespato (plagioclasa) y sobre todo minerales micáceos (mica blanca y clorita) y gran cantidad de óxidos de hierro y materia carbonácea (CAMPOS, 1979).

Las masas conglomeráticas de grano fino, abundantes en la litología observada en las galerías de las minas-cueva, están descritas como intercalaciones en las pizarras Paleozoicas, pero son muy poco frecuentes y aparecen de forma aislada en la serie de lutitas pizarrosas (VIERA, com.pers.).

INCLUSIONES.

Mucho más raras y no descritas para la zona en la bibliografía consultada, aparecen sin embargo en las minas de Erankio inclusiones o vetas de otros minerales, principalmente fluorita y marcasita.

La fluorita, CaF₂ (fluoruro de calcio), es abundante en la mitad superior de la mina 1, y aparece en bloques de desprendimiento y como inclusiones en algunos puntos de la roca caja. En las muestras y en la mina su color es blanco translúcido, en algunos casos con tonos amarillentos. Su aspecto es cristalino, se fragmenta con facilidad y a simple vista los cristales tienen hábito cúbico (aunque cristaliza en el sistema isométrico), con frecuentes maclas de compenetración de cubos. Algunos bloques de desprendimiento son masivos, de hasta 1 m de lado, con fragmentos menores en el piso de las galerías. Los fragmentos en contacto con el agua están mucho más disgregados. Este mineral es buena mena de Fluor y es frecuente como ganga de menas metálicas.

La marcasita es abundante en la zona de entrada de mina 2 y en distintos puntos de mina 1, principalmente en la bifurcación de la cota -12 y el lateral E descendente. En la mayoría de las muestras aparece asociado a cuarzo y fluorita. La marcasita (FeS2) es un bisulfuro de hierro, como la pirita, pero con una distinta estructura cristalina (ortorómbico - dipiramidal). Los cristales tienen hábito prismático y a menudo están maclados y reunidos en curiosos agregados. Su color es amarillo latón claro, con brillo metálico, y en las muestras aparecen los cristales y maclas diseminados en una ganga blanca de cuarzo con cristales que rematan en pirámide y otros translúcidos de fluorita de hábito cúbico. La marcasita es muy parecida a la pirita pero mucho más inestable; se descompone en presencia de agua (humedad) desprendiendo ácido sulfúrico. Las muestras colectadas muestran un avanzado estado de degradación y en varias partes de las galerías de la mina-cueva dan origen a masas pulverulentas grises de cristales rotos y fragmentados. La marcasita es hallada en algunos yacimientos metalíferos, pero más frecuentemente en rocas calcáreas, arcillosas y depósitos de lignito.

HIDROGEOLOGIA.

El río subterráneo tiene un curso principal, el cual aumenta su caudal (sobre todo en días lluviosos) por filtraciones menores en muchos puntos del recorrido, procedentes del techo y laterales. El caudal medio ha sido estimado entre 25 á 50 l/sg al llegar al tramo inundado de la cota -18. En época seca el caudal es del orden de 5 l/sg, existiendo no obstante una circulación permanente y zonas inundadas.

Más del 50% del caudal procede de la surgencia superior, interna, que se localiza en la cota -4. El caudal aumenta en la zona de cascadas por fuertes filtraciones y goteos (entre las cotas -5 y -12) y luego recibe un afluente menor en la cota -17. Adicionalmente ingresa agua por la sima-sumidero que constituye la boca inferior, por lo que el caudal en el sumidero terminal de la cota -20 es algo mayor que lo indicado.

En la ladera del monte Urepel (1.056 m) que desciende hacia el valle del Leizarán hay diversos arroyos y un canal que probablemente presenta fugas. Este canal pasa a unos 200 m por encima de las minas. Bien sea de estas fugas o de las precipitaciones que recibe la ladera, parte de las aguas se infiltra en el subsuelo, y reaparecen en las galerías de mina, generando el río de la cueva. El sumidero final deriva hacia una canalización existente en la orilla del río Leizarán.

Las galerías originales de mina en la zona inferior (cotas -18 á -17) tienen una sección muy uniforme, en U invertida, de 1,5 m de ancho por 2,2 m de alto. Pero en la mayor parte de la cavidad las galerías se amplían, sobre todo en sentido de la anchura, y presentan también laterales naturales, por lo que más del 50 % del volumen de la cavidad es originado por alteración de la roca caja, erosión y colapso de bloques (incluyendo fenómenos de descompresión mecánica), y remoción y transporte de los materiales desprendidos.

Las aguas de infiltración son responsables de esta ampliación de las galerías artificiales originales. Es incluso probable que la zona superior (cotas 0 á-4) fuera una mina independiente de la inferior (cotas -20 á -12), y fueran puestas en contacto por la circulación hídrica subterránea. El lateral E de la cota -12 conduce a una circulación freática independiente. En resumen, parece claro que existe infiltración en estas litologías y que, a partir de la excavación de galerías artificales, ésta puede ser concentrada y canalizada a través de las mismas, generando un desarrollo cavernario mixto. La zona superficial, situada inmediatamente por encima de la mina-cueva, presenta diversos hundimientos, dolinas, y puntos de sumidero temporales.

MINERALOGIA DE ESPELEOTEMAS.

Las principales espeleotemas observadas, muy abundantes a todo lo largo de mina 1 y escasas en mina 2, están formadas por óxidos e hidróxidos de hierro o Goethita (Fe₂O₃.H₂O). Este es un mineral de precipitación que aparece asociado a filones de hierro y es frecuente en muchas minas de hierro. En las cuevas en caliza puede aparecer como producto de alteración de la pirita contenida en la roca caia.

En nuestro caso forma sobre todo estalactitas, draperías colgantes, costras y recubrimientos parietales lisos y botroidales. Los colores dominantes son oscuros, entre bronceados y negros, con fuerte brillo de tonalidades metálicas en superficie. Algunas estalactitas pequeñas son de colores bronceados más claros (desde tonos marrones a color caramelo). En otros casos son de color negro intenso, existiendo particularmente recubrimientos y largas estalactitas (de hasta más de 1 m) de este color. Adicionalmente, asociadas a estalactitas blanco-crema, hay otras de goethita negra con consistencia de geles. En fin, la diversidad de ocurrencias es enorme.

A diferencia de las espeleotemas sólidas de goethita reportadas en minas, en este caso, a pesar de la apariencia sólida, son espeleotemas blandas, frágiles, que se rompen con facilidad. En su estructura interna se observa o bien una matriz arcillosa o bien capas alternas de tonos rojizos y ocres, de distinta dureza. La capa superficial, milimétrica, es la parte más sólida de las muestras.

Análisis por difracción de rayos X (DRX) en espeleotemas similares de la sima de Alzola (en Gipuzkoa) han mostrado diversidad de situaciones, desde algunas con goethita casi pura hasta otras en que la goethita está asociada a cuarzo, mica-illita, calcita, yeso, chamosita y compuestos amorfos. En nuestro caso es muy probable que la diversidad observada se deba a la asociación con minerales micáceos y arcillosos (sobre todo mica blanca), cuarzo, limonita y eventualmente yeso y chamosita (un silicato de hierro del grupo de las cloritas).

La goethita, sóla o asociada a otros minerales (y/o compuestos amorfos), es la responsable de la diversidad de espeleotemas observada, que adornan profusamente las galerías subterráneas.

En algunas zonas hay estalactitas y coladas parietales de color blanco-crema, blandas, en algunos casos con consistencia de geles. Estas espeleotemas parecen ser una mezcla de arcilla con hidróxido de hierro (Limonita, Fe³⁺O (OH)), un mineral muy parecido a la goethita pero de dureza mucho menor. Su génesis es similar en ambos casos. En la salita de la cota -4 las coladas de limonita forman flujos que culminan en estalactitas de aspecto gelatinoso o mucilaginoso. Señalamos como curiosidad que algunos de ellas poseen un movimiento elástico: la gota de su extremo se agranda y determina el estiramiento, contrayéndose la estalactita al caer la gota y perder peso.

Adicionalmente, en las galerías de la zona próxima a la entrada superior de mina 1, se presentan dispersos pequeños recubrimientos o costras verde-azuladas de espesor milimétrico, de un bello y llamativo color turquesa. Estos sin duda contienen minerales de cobre provisionalmente identificados como Crisocola (= Chrysocolla), un silicato de cobre y aluminio que cristaliza en el sistema ortorómbico. Esta es una especie mineralógica no bien definida, difundida como producto de alteracion de otros minerales de cobre (azurita, malaquita), de un notable efecto estético. Su fórmula química es: (Cu²⁺, Al)₂ H₂ Si₂O₅ (OH)₄. Al estar en zona oscura, su color varía a tenor de la intensidad de luz utilizada. Las muestras colectadas, a la luz del día, muestran una coloración turquesa, pero en la cavidad varían entre tonos azules y verdes. Probablemente su génesis sea debida a la alteración de trazas de otros minerales de cobre contenidos en la roca caja.

También en zonas más ventiladas, en la proximidad de las bocas de ambas minas, se presentan eflorescencias y pequeños recubrimientos cristalinos blancos, algunos con delicadas agujas. Su aspecto recuerda al de las flores de yeso y aragonito reportadas para cuevas en caliza, pero en este caso parece tratarse de Epsomita, un sulfato de magnesio hidratado: MgSO₄.7(H₂O). Las eflorescencias de mayor espesor tienen una estructura en agregados aciculares o fibrosos muy finos. La Epsomita probablemente procede de alteración de la marcasita, que libera aguas ácidas (ricas en ácido sulfúrico) y su reacción con trazas de magnesio contenidas entre los depósitos polimetálicos de las pizarras. El magnesio puede proceder de la alteración de biotita u otras micas ferroso-magnésicas.

MATERIALES DE ALTERACION Y DEPOSITO.

En distintos puntos a lo largo de la mina-cueva 1, y con particular abundancia en el lecho del cauce entre las cotas -18 y -17, hay sedimentos arcillosos-ferruginosos muy finos de intensa coloración roja. Estos llegan a tener un espesor de 20 cm y la fracción arcillosa es muy fina. Deben contener minerales de la arcilla asociados a óxidos de hierro. Resultan llamativos por su intensa coloración roja, equiparable casi al de una pintura.

En la intersección de la galería principal con un afluente, en la cota -17, se forman coladas de apariencia sólida (pero en realidad extremadamente blandas) con grandes gours y microgours. Estos materiales blandos son de tonos amarillentos y probablemente contengan limonita en asociación con materiales arcillosos. Su morfologia es idéntica a la de los gours de cuevas en caliza, aunque debido a la acidez de las aguas no parece probable que la calcita pueda estar presente en su composición.

En muchas otras partes de la mina, sobre todo en los laterales entre las cotas -12 y -4, hay diversos depósitos de materiales de alteración. La marcasita alterada (en asociación con cuarzo y fluorita) genera rellenos pulverulentos grises en masa, con fragmentos de bloques disgregados. En otros casos la fluorita desprendida en bloques se disgrega por exfoliación en trozos menores de aspecto hialino, blanco-translúcido.

Por último, los conglomerados de cuarzo de matriz ferruginosa y las pizarras, que constituyen la fracción mayoritaria de la roca caja, han generado por erosión y colapso de las paredes, bloques clásticos y fragmentos menores, los cuales forman rellenos en diversos puntos a orillas del cauce.

EL AMBIENTE HIPOGEO.

El ambiente subterráneo en mina 1 es similar al de una cueva natural. Fueron medidos varios parámetros en la parte central del río subterráneo (cota -17). La temperatura ambiente osciló entre 9.5 y 10°C. La temperatura del agua entre 8 y 9°C. La humedad relativa es del 100 %. Las aguas del río son ácidas, con pH de 5.8.

El régimen climático es isotérmico, mostrando escasa variación a lo largo del ciclo diario y estacional, mientras en superficie las temperaturas ambiente durante las distintas salidas oscilaron entre mínimas diurnas de 4°C (en Enero) y máximas de 25°C (en Julio).

En mina 2 no fueron efectuadas mediciones, pero la cavidad es mucho más seca y aireada, y la temperatura ambiente interna muestra mayor oscilación.

La zona del valle del Leizarán es muy húmeda, con precipitaciones anuales del orden de 1.800 mm. Todo ello hace que el río subterráneo tenga un régimen permanente, aún en épocas de sequía. La sima-sumidero de la boca inferior muestra mayor oscilación en su caudal y su régimen es temporal.

En relación a la fauna hipógea, conviene señalar que la circulación hídrica en la cueva está en relación con niveles freáticos locales, y que éstos se extienden a través de la fisuración y discontinuidades de la roca caja. Salvo los metros más próximos a las entradas, en zona de penumbra, la oscuridad es absoluta en la mayor parte de red de mina 1, mientras que en mina 2 la oscuridad sólo es acentuada en los 10-15 m finales de su galería principal.

FAUNA CAVERNICOLA.

La fauna hallada en estas minas-cueva es en casi todos los aspectos comparable al de una cueva normal en calizas. La mayor diferencia biológica reside en su carácter más simplificado, con ausencia de troglobios terrestres y escasez de troglófilos. La mayor diferencia hidrogeológica reside en el carácter ácido de las aguas (pH 5.8 en el río subterráneo), en comparación con las aguas ligeramente básicas y bicarbonatadas cálcicas que son frecuentes en calizas (pH entre 7 y 8.2 en la mayoría de las cuevas de la región).

La fauna troglóxena es relativamente abundante y diversa. Se concentra en la zona de entrada de las minas y en zona oscura hasta unos 40 m con respecto a la boca. Esta fauna ingresa directamente a través de las bocas y utiliza el ambiente más superficial de las cavidades, sobre todo para invernar, pero también para estivar y/o reproducirse. Los grupos mejor representados comprenden dípteros y lepidópteros, pero también hay isópodos y gasterópodos terrestres, opiliones y araneidos. La fauna acuática incluye anfípodos, diversos grupos de crustáceos planktónicos, y larvas y ninfas de insectos acuáticos comunes en los ríos superficiales.

La fauna troglófila incluye unas pocas especies terrestres, predadoras, de araneidos y quilópodos.

La fauna troglobia incluye formas acuáticas o stygobias, de anfípodos y colémbolos.

El número total de taxa hasta ahora encontrados en las minas-cueva es de 24 especies. Pasaremos revista a las mismas en los siguientes apartados.

FAUNA TROGLOXENA Y TROGLOFILA.

La fauna troglóxena terrestre incluye una asociación parietal compuesta por especies muy comunes en las cuevas de la región. Estas se encuentran sobre las bóvedas y paredes de roca próximas a las bocas. Los insectos están representados por dípteros y lepidópteros. El orden Lepidoptera incluye los siguientes taxa:

- Familia Geometridae. Triphosa dubitata (Linnaeus) y Triphosa sabaudiata Duponchel.
- Familia Noctuidae. Scolioptervx libatrix (Linnaeus).

El orden Diptera incluye la mayor diversidad de especies. Han sido halladas:

- Familia Sciaridae (= Lycoriidae). Lycoria flavipes (Meigen) y Lycoria cf. pallipes (Fabricius).
- Familia Mycetophilidae. Rhymosia fenestralis Meigen y Messala saundersi Curtis.
- Familia Tipulidae. Tipula sp.
- Familia Culicidae. Culex pipiens pipiens L.
- Familia Phoridae. Phora pusilla Meigen e Hypocera flavimana (Meigen).

La clase arácnidos incluye especies de los órdenes Opiliones y Araneida. Los opiliones están representados por:

- Familia Leiobunidae. Leiobunum biseriatum Roewer.

Los araneidos por:

- Familia Agelinae. Tegenaria inermis Simon.
- Familia Argiopidae (= Tetragnathidae). Meta (Metellina) merianae Scopoli.

En la zona de entrada también existe una asociación endógea, incluida entre los bloques del suelo con restos orgánicos. Entre las especies halladas, todas ellas comunes en el suelo superior (medio edáfico), se incluyen moluscos gasterópodos del orden Stylommatophora, isópodos terrestres y algunos (pocos) ejemplares de colémbolos edáficos. Los taxa identificados son:

- Gastropoda. Familia Helicodontidae. Helicodonta obvoluta (Müller).
- Gastropoda. Familia Zonitidae. Oxychillus cellarius (Müller) y Oxychillus draparnaudi (Beck).
- Isopoda. Familia Oniscidae. Oniscus asellus Linné.
- Collembola. Familia Isotomidae. *Isotomiella minor* Schaeffer y *Folsomia candida* Willem.

Los predadores de esta fauna terrestre de las zonas de entrada están representados por araneidos, siendo la forma más abundante la robusta especie *Meta merianae*. Esta es muy abundante en mina 1 y colectamos a lo largo del año tanto ejemplares macho, como hembras y juveniles, lo que indica que esta especie se reproduce y completa su ciclo vital en el medio hipógepo, sin salir de la cavidad. Aunque posee ojos y pigmentación, y no parece tener adaptaciones especiales para la vida hipógea, penetra a considerable profundidad siguiendo la galería del río, donde el alimento, representado por los dípteros, parece ser abundante. Esta población puede por tanto considerarse troglófila.

Adicionalmente han sido hallados pocos ejemplares de otra especie troglófila y predadora del grupo de los milpiés (Chilopoda), del orden Lithobiomorpha:

- Familia Lithobiidae. Lihobius melanops Newport.

Esta especie es muy común en Francia (en los Alpes marítimos y el Doubs), pero en la Península Ibérica sólo era conocida de un sector situado algo al Sur de Leiza: las simas de Burutxain y varias cavidades del macizo de Otsabio (Gipuzkoa - Navarra). Los ejemplares colectados mediante cebos comprenden adultos y juveniles.

Las formas acuáticas incluyen microfauna planktónica de crustáceos Ostracoda, Cladocera y Copepoda (la cual no ha sido estudiada en detalle), y larvas, estados ninfales y algunos adultos de insectos Heteroptera (Veliidae), Ephemeroptera, Trichoptera (Limnephilidae), y Odonata. Esta fauna es común en los ríos superficiales y probablemente ingresa de modo accidental a la cueva arrastrada a través del sumidero de la boca inferior.

La única especie de macrofauna acuática que puede considerarse subtroglófila es la forma omnívora de Amphipoda:

- Familia Gammaridae. Echinogammarus berilloni Catta.

Esta especie es común en pequeños números en las zonas inundadas próximas a la boca sumidero inferior, por lo que debe proceder también de la regata epígea que ingresa en este punto, pero falta en el resto del río subterráneo. Aunque parece mantenerse y reproducirse en este sitio (probablemente debido al abundante alimento), suponemos que no puede salir al exterior a través de esta boca, ya que es una sima de 3 m de desnivel, por lo que debe completar su ciclo vital en esta zona de la mina.

La fauna estudiada comprende 22 taxa con determinación específica y al menos 7 grupos taxonómicos adicionales de microfauna y/o estados larvarios sin determinar. Las formas troglófilas son escasas e incluyen a *Meta merianae* y *Lithobius melanops*; podrían ser considerados subtroglófilos el citado caso de *Echinogammarus berilloni* y el araneido *Tegenaria inermis*, estos dos últimos no habitan en toda la cavidad, sino que están circunscriptos a las zonas de entrada.

FAUNA TROGLOBIA.

La fauna troglobia comprende 2 taxa hallados en pozas y remansos a lo largo del río subterráneo de mina 1, entre la surgencia inicial y la cota -17, exceptuando la zona inundada próxima a la boca inferior, donde habita *Echinogammarus berilloni*. Los troglobios incluyen un anfípodo de antiguo origen de la superfamilia Crangonyctoidea y un colémbolo de hábitos acuáticos o en todo caso anfibios. Estos son:

- Familia Niphargidae. Niphargus (Supraniphargus) longicaudatus (Costa).
- Familia Entomobryidae. Pseudosinella cf. subinflata Gisin & Gama.

La especie de *Niphargus* es muy troglomorfa y rara siendo conocida de un bajo número de localidades del País Vasco y Navarra. La localidad hipógea más próxima a mina Erankio la constituye la cueva de Goikoerrota ko zuloa, situada en un afloramiento de calizas Jurásicas a 0,5 km al E de Leiza. La especie se alimenta de materia orgánica y microfauna existente en las aguas freáticas subterráneas. Su habitat, consistentemente hipógeo, su elevado troglomorfismo, y el habitar en cuevas en calizas y mesocavernas en distintas litologías, sugiere que puede desplazarse a través de medios transicionales.

La especie de colémbolo es de muy pequeño tamaño (0,5 mm) y de hábitos marcadamente acuáticos, por lo que lo consideramos una forma stygobia. Ha sido hallada nadando en zonas someras del río, y nuestras observaciones directas muestran que bucea, se mantiene bajo el agua y camina por el fondo; eventualmente salta en la superficie del agua, pero no se desplaza por el medio terrestre. Inicialmente pensamos que podría tratarse de un acuático *Arrhopalites*, pero el examen microscópico revela sin lugar a dudas que se trata de una especie depigmentada y anoftalma del género *Pseudosinella*, de antenas relativamente cortas y menos elongado que *P.antennata*. Morfológicamente es afín o muy próxima a *P.subinflata*, aunque pudiera tratarse de una especie distinta. *P.subinflata* ha sido hallada en cuevas en la Sierra de Loquiz, Urbasa-Zunbeltz, Aralar (zona de Lecumberri), Arrarás (Urdaburu y Pagounzulo), las cuevas de Lanz, y Ubarán (Gipuzkoa). Esta última localidad en la cuenca del Leizarán. Su determinación exacta requiere un estudio más detallado por especialistas de este grupo. Provisionalmente citamos la especie de mina Erankio 1 como *Pseudosinella* cf. *subinflata*.

No han sido halladas otras especies troglobias, a pesar del muestreo intensivo con cebos, siendo llamativa la ausencia de troglobios terrestres, particularmente coleópteros Leptodirinae (= Bathysciinae) tan comunes en cuevas y MSS en la región.

BIOCENOSIS HIPOGEAS.

La fauna de estas minas está compuesta por tres asociaciones o comunidades animales distintas. La primera de ellas es una biocenosis terrestre, con una diversa y relativamente numerosa fauna troglóxena, sobre la que predan araneidos y quilópodos troglófilos. Una segunda comunidad, acuática, está también constituida por formas troglóxenas de crustáceos e insectos que ingresan a través del sumidero de la boca inferior. En el vértice de la misma se encuentra el anfípodo omnívoro *Echinogammarus berilloni*. Algunas ninfas acuáticas de insectos son también predadoras, pero su presencia es estacional, dependiendo del ingreso de nuevos individuos epígeos a través del sumidero.

Restos de estos organismos, así como materia orgánica y nanoplankton procedente de las aguas freáticas, sostienen una tercera comunidad, acuática, que incluye especies troglomorfas de colémbolos y antípodos. Esta biocenosis del río subterráneo, relativamente independiente de las otras, contiene pocas especies visibles a simple vista, aunque es probable que su microfauna sea mucho más diversa

El troglobio más especializado (y de antiguo origen) es el anfípodo Niphargus longicaudatus. Esta especie ha sido

encontrada en otros afloramientos aislados de calizas Jurásicas en la cuenca del Leizarán: Ubarán (en Andoain, Gipuzkoa) y Goikoerrota (Leiza, Navarra), siendo este último el más próximo a la localidad de estudio. Recientemente han sido hallados ejemplares de esta especie en el riachuelo subterráneo de una mina artificial en Anoeta (Tolosa, Gipuzkoa) (GALAN, 2003, inédito). La litología de esta última localidad son calizas Jurásicas, con materiales ferruginosos, ya que estas minas eran utilizadas para la explotación de mineral de hierro. Como en el ejemplo aquí descrito, la mina de Anoeta está en contacto con una red de mesocavernas, de donde procede el curso de agua hipógeo.

De modo comparado puede mencionarse que otras especies de anfípodos stygobios también han sido eventualmente halladas en minas y surgencias (además de en cuevas naturales en caliza). Por ejemplo, *Pseudoniphargus incantatus* es conocido de cuevas en Aitzbitarte (Gipuzkoa), Zugarramurdi y Urdax (Navarra), pero también de un manantial y una mina en Yanci (Navarra) (NOTENBOOM, 1990).

La elevada acidez de las aguas puede constituir un factor condicionante de la presencia de formas troglobias. No obstante, los anfípodos son particularmente resistentes tanto a variaciones de pH como de salinidad (GALAN, 1993). En las localidades investigadas por NOTENBOOM & MEIJERS (1985) para el estudio de anfípodos ibéricos, aunque el 99 % de ellas tienen pH mayores de 7, hay una localidad con anfípodos *Niphargus* (no determinados) que constituye una excepción: se trata de un manantial no-kárstico en areniscas rojas en el monte Aizpara (Zugarramurdi, Navarra), cuyas aguas tienen un pH 4. Es decir, son aún más ácidas que las de mina Erankio (de pH 5,8).

Otros parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa, contenido de arcilla) entran dentro del rango que es común en cavidades hipógeas en la región.

INTERPRETACION.

La litología de la roca caja es responsable de la diversidad de espeleotemas encontrada. Las espeleotemas o minerales secundarios se han formado en la cavidad por reacciones químicas a temperatura y presión ambiente. El factor más importante para explicar su diversidadad reside en la disponibilidad de los distintos componentes químicos involucrados, algunos de los cuales pueden provenir de la disolución o meteorización química de los minerales mayoritarios de la roca caja (óxidos e hidróxidos de hierro, cuarzo, mica blanca, clorita, diversas arcillas), otros de constituyentes minoritarios o inclusiones (fluorita, marcasita), y por último por trazas de otros elementos (como cobre y magnesio).

Las espeleotemas predominantes, de goethita y limonita, proceden de los primeros. En algunas modalidades seguramente interviene también el cuarzo y micas. La abundancia de marcasita y su alteración en ambiente húmedo, con liberación de ácido sulfúrico, puede ser responsable de una rápida alteración de la fluorita y otras rocas, así como de la acidez de las aguas (en parte neutralizada por el calcio solubilizado), y por último como fuente de sulfatos para la precipitación de epsomita. La presencia de crisocola es debida a la alteración de trazas de otros minerales de cobre. Los depósitos arcillosos obviamente proceden de la alteración de las lutitas pizarrosas. La gran cantidad de hierro contenida en la matriz de los conglomerados, así como la abundancia de materia carbonácea en las lutitas, pueden explicar las coloraciones oscuras (negras y rojizas) predominantes en las espeleotemas.

La alteración de los minerales presentes y su erosión y transporte por las aguas subterráneas, explican el desarrollo y crecimiento volumétrico experimentados por la cavidad. Cabe destacar que tanto la excavación de laterales como la formación de espeleotemas han sido procesos rápidos, ocurridos en un lapso de tiempo breve. La excavación de las minas se inició hace menos de 100 años y su explotación cesó hace 50 años. En este tiempo y su continuación hasta el presente se produjo la captura de las aguas freáticas infiltradas, la ampliación de la cavidad y la génesis de sus espeleotemas. A la vez, en este breve lapso se produjo la colonización de los espacios subterráneos por la fauna cavernícola.

La fauna troglóxena ingresa con facilidad a través de las bocas, como en cuevas naturales. La fauna acuática asociada al sumidero inferior importa organismos comunes de los arroyos epígeos de la zona. Las especies troglófilas, poco numerosas, parecen proceder del medio edáfico y/o de biotopos húmedos y oscuros existentes en el bosque de superficie. Sin embargo, la fauna troglobia hallada, debe tener una existencia en el tiempo anterior a la excavación de las minas. Su ingreso a las cavidades se ha producido a través de medios transicionales.

El pequeño tamaño de los colémbolos *Pseudosinella* hace factible proponer como hipótesis que esta especie se ha diferenciado y procede del hyporrheico. Este medio representa una especie de ambiente acuático incluido en el MSS (Medio Subterráneo Superficial), que LESCHER-MOUTOUE (1973) describe originalmente como Napas freáticas Superficiales Suspendidas (NSS). Sería una especie de acuífero, poco profundo, suspendido entre depósitos eluviales o coluviales de ladera, comunes en los flancos de muchas montañas. Esta especie de regolito proviene de la degradación de la roca caja y su deslizamiento por gravedad, quedando posteriormente cubierto por el suelo. Entre los pequeños espacios del coluvión (que puede formarse en distintas litologías, incluyendo esquistos, areniscas y rocas cristalinas), y en la interfase con el cortex de desagregación de la roca fisurada y fragmentada sobre el lugar, se instala un microacuífero. Las velocidades de circulación son lentas y las reservas lo suficientemente importantes como para generar manantiales perennes. En estas aquas freáticas pueden

encontrarse pequeños organismos troglomorfos, tal como isópodos Microparasellidae, copépodos Harpacticidae y Cyclopidae, y eventualmente colémbolos. Este medio, por otro lado, es rico en materia orgánica, dada su proximidad al suelo superior. La especie *P. subinflata* ha sido encontrada en cuevas precisamente sobre materia orgánica. El pequeño tamaño y poco acentuado troglomorfismo (escasa elongación de cuerpo y antenas) de la especie de *Pseudosinella* de mina Erankio, refuerzan la probabilidad de esta hipótesis.

Otra hipótesis alternativa es la existencia de un MSP (Medio Subterráneo Profundo) (JUBERTHIE, 1983), que comprendería las fisuras y mesocavernas (litoclasas, diaclasas, fallas, zonas trituradas, discontinuidades entre planos de estratificación) en rocas distintas a calizas. La fauna que puebla este medio pueder ser accesible a la observación a través de túneles artificiales que recortan o atraviesan la red subterránea de pequeños espacios. Esta fauna difiere de la fauna troglóxena y troglófila que ingresa por las bocas de galerías artificiales. Está compuesta por troglobios habitantes de las fisuras profundas, los cuales, secundariamente, pueden acceder a espacios mayores de viejas canalizaciones, túneles, minas y colectores de agua, donde encuentran condiciones favorables para su desarrollo. En regiones cristalinas, como por ejemplo en Bretagne y Limousin (Francia) han sido hallados algunos *Niphargus* en estos ambientes (JUBERTHIE, 1983).

Seguramente este es el medio utilizado por *Niphargus longicaudatus* en mina Erankio, especie de 7 á 12 mm de talla, y podría también ser poblada por colémbolos *Pseudosinella* de vida anfibia o acuática. La talla de *N.longicaudatus* hace poco probable que esta especie pueda proceder del hyporrheico, mientras que el MSP hace factible su colonización tanto por antípodos como por colémbolos. El MSP, por otro lado, puede estar en contacto con mesocavernas de afloramientos calcáreos a través del intersticial y napas freáticas parafluviales de los fondos de valle.

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Observaciones *in situ* sugieren que no existe un MSS desarrollado en la zona. La ausencia de coleópteros Leptodirinae en las cavidades refuerza esta idea, ya que se trata de organismos muy frecuentes en todos los ambientes hipógeos y transicionales de la región. Todo ello inclina la balanza hacia la existencia en las rocas paleozoicas del sector de un MSP antiguo y de cierto desarrollo.

Las observaciones hidrológicas (surgencia de las aguas en la cota -4 de mina 1, conexión del lateral E con otro nivel freático local, existencia de infiltración en zona vadosa) confirman la existencia de un acuífero peculiar y local, en parte capturado por las galerías de mina que perforan el terreno.

No obstante, cabe abrir la discusión de si otros factores podrían o no intervenir en la composición faunística observada. La acidez de las aguas, o incluso la probable alta acidez en las zonas de alteración de inclusiones de marcasita y/u otros depósitos metalíferos, podrían ser un factor desfavorable para troglobios terrestres. Algo similar podría decirse para los altos contenidos de goethita, aunque en este caso en otras cavidades con depósitos de goethita (como la mina-sima de Alzola) ha sido encontrada una abundante y diversa fauna troglobia terrestre. También éste es el caso en las minas de hierro de Anoeta. En este como en otros casos es factible explicar la presencia de determinados organismos, pero no o mucho más difícilmente las ausencias. Un amplio abánico de hipótesis queda abierto a este respecto.

Otro aspecto de discusión procede de la distribución hasta ahora conocida para la especie *Niphargus longicaudatus*, restringida a unas pocas localidades de Navarra y el País Vasco. En Navarra sólo era conocida de dos localidades: las cuevas de Goikoerrota (Leiza) y Basaura (Lóquiz), la primera de ellas en calizas Jurásicas y la segunda en calizas Cretácicas. En Gipuzkoa ha sido hallada en las cuevas de Ubarán (Andoain, cuenca del Leizarán), Kontrola (Altza), Aitzbitarte (Oyarzun), Arrikrutz (Oñate), Urrepitxarra (Aizarna) y recientemente en una mina de Anoeta (Tolosa), en calizas Jurásicas, Cretácicas y del Maestrichtiense-Danés. En Bizkaia es conocida de Azkotxi (Ceánuri); y en Santander de la cueva Tizones ó Tocinos (Matienzo). Los ejemplares de Bizkaia y Santander pertenecen a una subespecie (o tal vez especie) diferente, afín a *Supraniphargus rhenorhodanensis* Schellenberg (MARGALEF, 1970; ESCOLA, 1980).

El rango total de la especie (con independencia de los problemas subespecíficos que presenta su taxonomía) abarca en consecuencia una amplia región, pero sólo muy pocas localidades, a baja altitud (hasta 400 m.snm), y en calizas de distinta edad y litología. Salvo el presente caso de mina Erankio y el antes citado de mina Anoeta, el resto de localidades son cuevas. Mina Erankio sería el primer reporte para un habitat hipógeo de anfípodos troglobios en pizarras Paleozoicas.

Esta distribución sugiere que la especie, de antiguo origen marino, pudo colonizar y poblar el habitat hipógeo durante el Terciario, sobre un área extensa. Las especies dulceacuícolas de *Niphargus* son muy resistentes a condiciones adversas y pueden tolerar bien altas salinidades (hasta 25 % de agua de mar diluida) (DRESCO DERUET, 1959). Su invasión de biotopos continentales ha seguido una vía remontante a través del intersticial de los valles, hasta alcanzar los biotopos hipógeos de cuevas en calizas. Probablemente las glaciaciones y otros cambios (como los debidos a la contaminación de los ríos) diezmaron las poblaciones y condujeron a su actual distribución insular en un pequeño archipiélago de localidades. Esto pudo producir que avanzara la diferenciación subespecífica (y tal vez específica) entre las poblaciones aisladas.

En nuestro caso, pudiera existir cierta continuidad o intercambios entre las poblaciones más próximas, como las de mina

Erankio y Goikoerrota, distantes 4 km, a través del intersticial del Leizarán. Ambas poblaciones pueden tener similar edad o bien podría proceder una de ellas de colonización a partir de la otra. En este caso, aunque las rocas Paleozoicas son más antiguas que las calizas Jurásicas, el acuífero kárstico en estas últimas probablemente es más antiguo que el pequeño sistema freático asociado a mina Erankio. Ambas posibilidades están abiertas.

Futuras investigaciones podrán arrojar más luz sobre la probable evolución de estos organismos, sus peculiaridades, y las vías de poblamiento utilizadas. En este trabajo sólo podemos concluir que la diversidad de situaciones y de ambientes transicionales que utilizan los troglobios es mucho más variada y compleja que lo habitualmente considerado. Mina Erankio es un nuevo y atípico ejemplo que ilustra esta complejidad.

La variedad de espeleotemas encontrada en la mina-cueva es explicada por la diversidad de minerales presentes en esta litología. La presencia de fluorita, marcasita, crisocola y epsomita es señalada por primera vez para cavidades hipógeas de Navarra. Los reportes de espeleotemas de goethita y limonita no dejan también de ser novedosos por su profusión y peculiaridades. E igualmente llamativos resultan los reportes de gours y estructuras parecidas en materiales arcillosos. Mina Erankio es pues un ejemplo biológico y geológico singular, como ilustran ampliamente las fotografías que acompañan el trabajo.

Concluimos que el estudio de fenómenos kársticos o similares en litologías poco investigadas aporta nuevos datos y ofrece nuevas ideas para entender la diversidad que presenta el subsuelo de Navarra.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha contado con una subvención para actividades de espeleología y geología con fines científicos del Gobierno de Navarra (Servicio de Proyectos, Tecnología y Obras Hidraúlicas, del Departamento de Obras Públicas, Transporte y Comunicaciones, Orden Foral 172/2003, Resolución 375/2003). Agradezco a Carlos Acaz por su interés y apoyo para realizar el mismo. Agradezco de modo especial a Marian Nieto y Luis Viera por su inestable ayuda en los trabajos de campo, fotografía e identificación de muestras geológicas.

BIBLIOGRAFIA.

BARR, T. 1968. Cave ecology and the evolution of troglobites. Evol. Biol., 2: 35-102.

CAMPOS, J. 1979. Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa. Munibe, S.C.Aranzadi, 31(1-2): 3-139.

DRESCO DERUET, L. 1959. Contribution a l'étude de la biologie des deux crustacés aquatiques cavernicoles: Caecosphaeroma burgundum D. et Niphargus orcinus virei Ch. Vie et Milieu, 10: 321-346.

ESCOLA, O. 1980. Crustacea. In: ESPAÑOL et al., 1980. Contribución al conocimiento de la fauna cavernícola del País Vasco. Kobie, 10: 525-568.

GALAN, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas silíceas y rocas carbonáticas: un estudio comparado. Munibe (Ciencias Naturales.), S.C.Aranzadi, 43: 43-72.

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

GALAN, C. 1995. Fauna troglobia de Venezuela: sinopsis, biología, ambiente, distribución y evolución. Bol. SVE, 29: 20-38.

GALAN, C. 1999. Comparación entre la Fauna Cavernícola de regiones Templadas y Tropicales (con especial énfasis en la fauna de Navarra y fauna Neotropical): Un nuevo modelo sobre la Ecología y Evolución de los animales cavernícolas. Trabajo realizado para el Gobierno de Navarra, Dpto. Obras Públicas, Pamplona, Inf. inédito, 25 pp.

GALAN, C. 2001. Primeros datos sobre el Medio Subterráneo Superficial y otros habitats subterráneos transicionales en el País Vasco. Munibe Cienc.Nat., S.C.Aranzadi, 51: 67-78.

GALAN, C. 2002. Biodiversidad, cambio y evolución de la fauna cavernícola del País Vasco. Informe Gobierno Vasco, Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Viceconsejería de Ordenación del Territorio y Biodiversidad: 56 pp + 17 fig + 20 láminas color.

GALAN, C. 2003. Hallazgo de un río subterráneo de leche de luna (mondmilch) en la sima-mina de Alzola (Gipuzkoa): descripción de la cavidad y de sus espeleotemas. Munibe Cienc.Nat., 54: 16 pp.

GALAN, C. 2003. Ecología de la cueva de Guardetxe y del MSS circundante: un estudio comparado de ecosistemas subterráneos en materiales del Cretácico tardío del Arco Plegado Vasco. Munibe Cienc.Nat., 54: 20 pp.

GALAN, C. & F. HERRERA. 1998. Fauna cavernícola: ambiente, especiación y evolución (Cave fauna: environment, speciation and evolution). Bol.SVE, 32: 13-43.

GALAN, C. & E. LEROY. 2003. Découverte d'un lac de lait de lune (mondmilch) dans le gouffre d'Alzola (Pays Basque, Espagne). Spelunca, FFS, 91: 21-26.

HOWARTH, F. 1983. Ecology of cave arthropods. Ann. Rev. Entomol., 28: 365-389.

HOWARTH, F. 1993. High-stress subterranean habitats and evolutionary change in cave-inhabiting arthropods. American Naturalist 142: S65-S67

JUBERTHIE, C. 1983. Le Milieu soterrain: étendue et composition. Mém. Biospéol., 10: 17-65.

JUBERTHIE, C. & M. BOUILLON. 1982. Présence de Aphaenops (Coléoptéres Trechinae) dans le milieu souterrain superficiel des Pyrénées françaises. Mém. Biospéol., 10: 91-98.

JUBERTHIE, C. & B. DELAY. 1981. Ecological and biological implications of the existence of a superficial underground compartment. 8th Int.Congr.Speleol., Bowling Green, 1: 203-205.

JUBERTHIE, C.; B. DELAY & M. BOUILLON. 1980. Extensio du milieu souterrain en zone non-calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les Coléoptéres troglobies. Mém. Biospéol., 7: 19-52.

LESCHER-MOUTOUE, F. 1973. Sur la biologie et l'écologie des Copépodes hypogés (Crustacés). Ann. Spéléol., 28(3): 429-452.

MARGALEF, R. 1970. Antípodos recolectados en aguas subterráneas del País Vasco. Munibe, S.C.Aranzadi, 22(3-4): 169-174.

NOTENBOOM, J. 1990. Introduction to Iberian groundwater amphipods. Limnetica, Asoc. Español. Limnol., 6: 165-176.

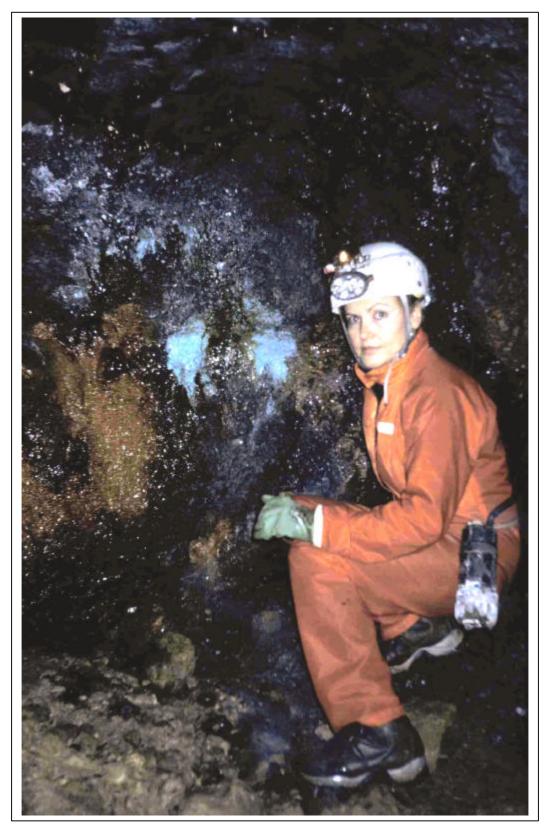
NOTENBOOM, J. & I. MEIJERS. 1985. Research on the groundwater fauna of Spain: List of stations and first results. Versl. Techn. Gegevens, Inst. Taxon. Zool., Amsterdam, 42: 1-93.

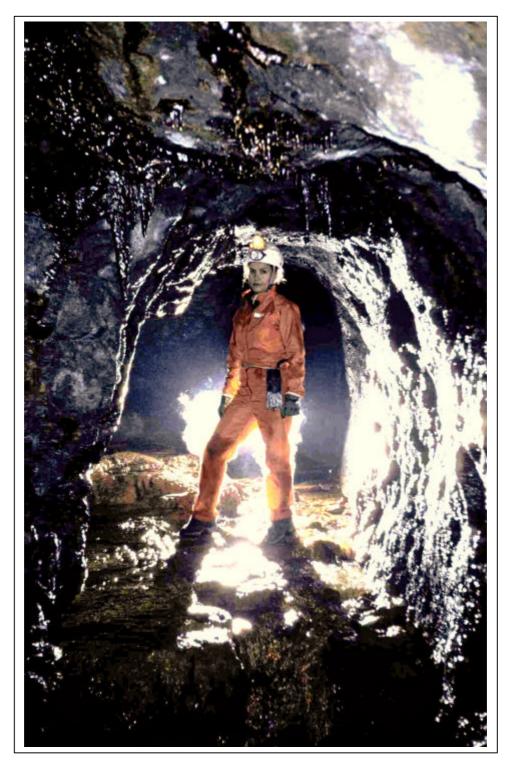
RACOVITZA, G. 1983. Sur les relations dynamiques entre le milieu souterrain superficiel et le milieu cavernicole. Mém. Biospéol., 10: 85-90.

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

LEYENDA DE FIGURAS.

- F1. Espeleotemas color turquesa de Chrysocolla y pequeñas eflorescencias blancas de Epsomita.
- F2. Galería del río, con cortinas de estalactitas color bronce de Goethita.
- F3. Coladas blandas de Limonita (colores blanco-crema) y Goethita (colores negros). En el ángulo inferior derecho se aprecia sobre el suelo cristales blanco-translúcidos de Fluorita.
- **F4**. Salita de la cota -4 m, con paredes tapizadas de espeleotemas blanco-crema de Limonita con consistencia de geles, y otras negras algo más sólidas de Goethita. El extremo de algunas estalactitas blancas es de consistencia gelatinosa y se mueven al gotear.
- **F5**. Pared con pequeños recubrimientos cristalinos de Chrysocolla (color turquesa) y Epsomita (colores blancos). Algunos de estos últimos con borlas de delicadas agujas.
 - F6. Detalle de espeleotemas de Chrysocolla .
- F7. Detalle de espeleotemas de Limonita. A la izquierda se observa un flujo blando (gel) de Limonita (colores blancos) que contrasta con otros negros de Goethita.
- **F8**. Zonas de cascadas escalonadas del río, con abundantes goteos de bóveda. La roca caja en este sector es mayoritariamente un microconglomerado de cuarzo con matriz ferruginosa, de gran densidad.
 - F9. Coladas blancas con microgours de Limonita y geles negros de Goethita, en la cota -15 m.
- **F10**. Gran colada con gours amarillentos en la confluencia con el afluente de la cota -16, compuesta por materiales arcillosos con óxidos de hierro y consistencia extremadamente blanda. La foto cubre un área de 2 m de ancho (un mosquetón sirve de escala).
- **F11**. Galería del río, cota -16. Recubrimientos de Limonita y Goethita sobre las paredes. Depósitos arcillosos formando gours en la parte derecha.
 - F12. Largas estalactitas negras de Goethita recubren las paredes entre las cotas -16 y -17 m.
 - F13. Ampliación lateral en la cota -13 con espeleotemas blandas y geles de Limonita.
- **F14**. Tramo inundado en la cota -18. La roca caja en este sector son lutitas pizarrosas carbonosas, hojosas, de grano fino, con pequeños recubrimientos y estalactitas de Goethita de color bronce.
 - F15. Un tramo del río en la cota -17, con recubrimientos y estalactitas negras de Goethita.
- **F16**. Boca de acceso Erankio Mina-cueva 1. Se aprecia la boca superior, que forma una claraboya sobre la zona de entrada. La roca caja que se aprecia a la derecha son pizarras con conglomerados.
- **F17**. Rellenos pulverulentos de Marcasita alterada (grises en masa) con algunos bloques y fragmentos de Fluorita y Cuarzo. Los cristales de Marcasita tienen individualmente un color amarillo-latón y brillo metálico, pero en masa se ven grises.
 - F18. Inclusiones de Fluorita en la roca caja y espeleotemas color caramelo de Goethita en la bóveda.
- **F19**. Detalle de inclusiones de Fluorita en la roca caja (colores claros, entre grises y amarillentos). Hay vetas menores con Marcasita y espeleotemas de Goethita en la bóveda.
 - F20 y F21. Paredes con coladas y recubrimientos negros de Goethita, con largas estalactitas de hasta 1 m de largo.

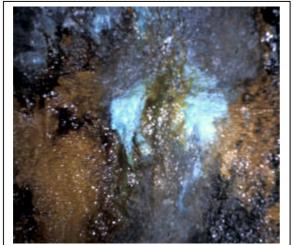




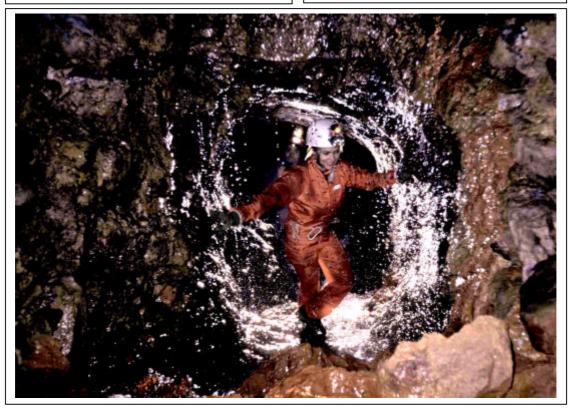








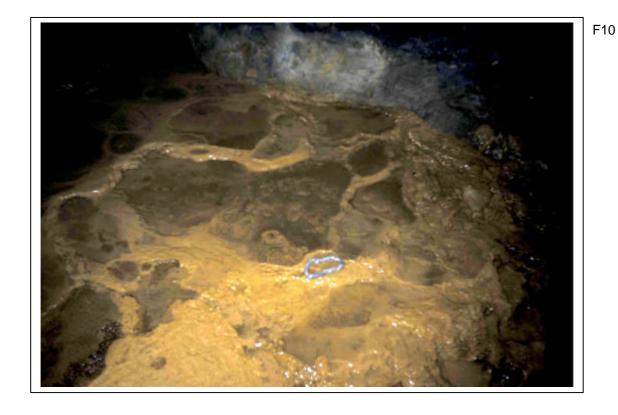


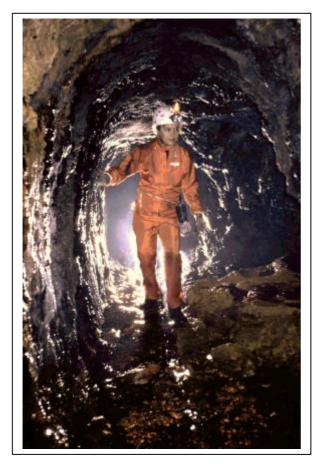


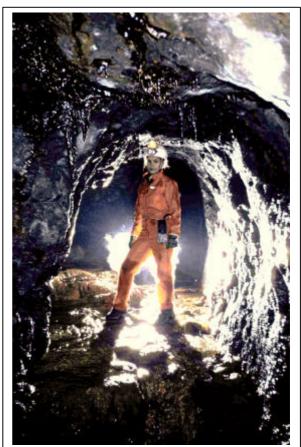
F6 F7





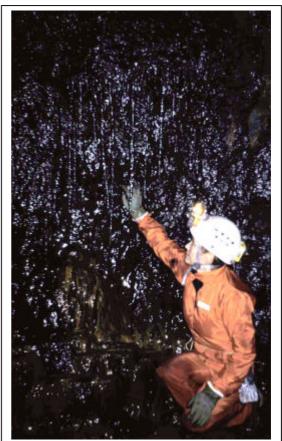












F11 F2

F12



