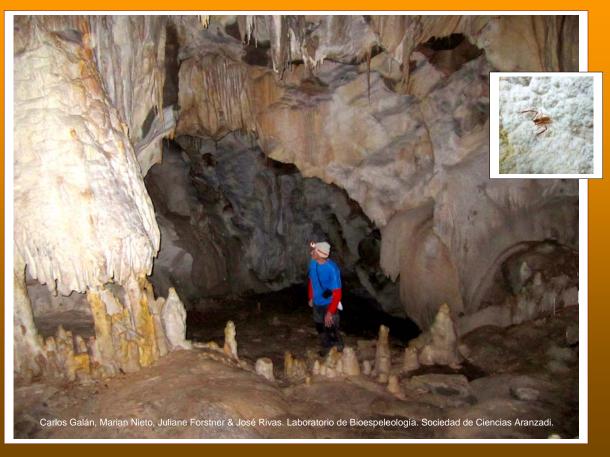
ECOLOGÍA DE UNA CAVIDAD FÓSIL EN LA ALTA SIERRA DE ARALAR, KARST JURÁSICO CENTRAL.

Ecology of a fossil cavity in the high mountain range of Aralar, central Jurassic karst



ECOLOGÍA DE UNA CAVIDAD FÓSIL EN LA ALTA SIERRA DE ARALAR, KARST JURÁSICO CENTRAL.

Ecology of a fossil cavity in the high mountain range of Aralar, central Jurassic karst.

Carlos GALÁN, Marian NIETO, Juliane FORSTNER & José M. RIVAS.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Laboratorio de Bioespeleología. Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain. E-mail: cegalham@yahoo.es Abril 2020.

RESUMEN

El núcleo Jurásico central de la Sierra de Aralar contiene en su parte alta la depresión de Alotza - Katxiñe, limitada al Sur por un cordal montañoso que se extiende en forma de U a través de las cumbres de Kilixketa, Beleku, Gañeta, Uarrain y Ganbo (1.422 m snm). Esta zona alta central, muy karstificada, posee numerosas simas y un endokarst muy desarrollado, que descarga a través del manantial de Osin berde. Sin embargo, por su lejanía, altitud y predominio de simas, contaba con escasos datos biológicos. Tras efectuar prospecciones en varias simas elegimos la cueva de Kilixketa para realizar trabajos más detallados, con empleo de cebos. La cueva posee grandes gours y numerosas espeleotemas. Los muestreos permitieron hallar un conjunto de formas troglobias (pseudoescorpiones, opiliones, copépodos, isópodos, colémbolos, coleópteros) cuya ecología es discutida en este trabajo.

Palabras clave: Karst, Biología subterránea, Ecología, Evolución, Hidrogeología, Espeleología, Fauna cavernícola.

ABSTRACT

The central Jurassic nucleus of the Aralar mountain range contains in its high part the depression of Alotza - Katxiñe, limited to the South by a mountainous cord that extends in a U-shape through the summits of Kilixketa, Beleku, Gañeta, Uarrain and Ganbo (1.422 m asl). This high central area, very karstified, has numerous chasms and a highly developed endokarst, which discharges through the Osin berde spring. However, due to its remoteness, altitude and predominance of chasms, its high zone had few biospeleological data. After conducting surveys in several cavities, we selected Kilixketa cave to perform more detailed work, using baits. The cave, fossil, has great gours and numerous speleothems. The sampling allowed to find an interesting set of troglobitic species (pseudoscorpions, opilions, copepods, isopods, springtails, beetles), whose ecology is discussed in this work.

Key words: Karst, Subterranean biology, Ecology, Evolution, Hydrogeology, Speleology, Cave fauna.

INTRODUCCIÓN

Las zonas altas de la unidad Jurásico central de Aralar, por encima de los 1.100 m de altitud, poseen importantes simas, pero los datos bioespeleológicos son escasos. En las zonas de calizas Jurásicas de menor altitud, así como en las unidades Urgonianas, se ha obtenido un alto número de datos sobre diversos grupos zoológicos en distintas cavidades (Galán, 1993, 2004, 2012; Galán & Zubiría, 2002; Galán et al, 2019). Esto en parte ha sido debido a la mayor lejanía y dificultad de acceso a las zonas altas, que quedan cubiertas de nieve durante más meses del año, y a que -dado el predominio de simas- se han volcado más esfuerzos en las exploraciones, restando un tiempo limitado para prospecciones biológicas, por lo que sólo se cuenta con datos puntuales. Por ello nos pareció oportuno estudiar con cierto grado de detalle alguna de las cavidades de la zona alta central, ya que podría aportar datos novedosos y una visión más completa sobre el dinamismo de los ecosistemas hipógeos en esta zona del Aralar guipuzcoano.

Numerosas simas en estas zonas altas de Aralar albergan conjuntos faunísticos únicos en el mundo y de gran interés científico. Los procesos glacio y nivo-kársticos, de denudación, gelifracción, rebajamiento de superficie y hundimiento del drenaje, que han experimentado con mayor intensidad las zonas altas, han conducido a colmatar y obstruir los conductos más superficiales, de acceso al endokarst, y por ello son raras en estas cavidades las áreas con espeleotemas y sedimentos que reciban un adecuado input de nutrientes y que presenten biotopos óptimos para albergar fauna troglobia. Este es el caso de la cavidad que nos ocupa, que, como luego veremos, alberga una interesantísima representación de troglobios, de tallas milimétricas, difíciles de observar en salidas ordinarias, pero notables por su relictualidad, elevado grado de endemismo e importantes adaptaciones adquiridas durante su evolución en el medio hipógeo. En suma, una riqueza en biodiversidad que debemos preservar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las prospecciones biológicas fueron efectuadas en días de buen tiempo en época invernal (enero-marzo de 2020). Aparte de observaciones y colectas directas, la cueva fue muestreada con empleo de cebos atrayentes y filtrados con mallas de plancton de 400 micras. Los materiales colectados fueron preservados en etanol 75° y fueron estudiados en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon, consulta de bibliografía especializada y comparación con otras muestras de la Colección de Bioespeleología de la S.C. Aranzadi. Fueron tomadas fotografías digitales para ilustrar las principales características de la cavidad y su fauna.

RESULTADOS

La cueva de Kilixketa es en realidad una sima-cueva, ya que, aunque se puede descender destrepando sin cuerda, su entrada es muy vertical, con una rampa escalonada de -10 m de desnivel, la cual permite alcanzar una galería subhorizontal amplia, fósil o hidrológicamente inactiva, de 100 m de desarrollo, con numerosos gours y recubrimientos de espeleotemas.

La cavidad está situada en una pequeña dolina (sólo visible de cerca), en el flanco N del monte Kilixketa (1.200 m snm), cerca de la cumbre, al S de las bordas de Elutseta (que dan paso a la entrada por Saltarri a la depresión central de Alotza). Desde su boca se divisa al N la mole del Txindoki. Las coordenadas ETRS89, UTM30N, de la boca son: N 4.762.069; E 573.412; altitud: 1.158 m snm. La cavidad fue explorada y topografiada en 1945 por Jesús Elósegui y re-explorada en 1975, con descripción y topografiada más detallada, por Francisco Echeverría (ambos de la Sociedad de Ciencias Aranzadi). Está incluida en el Catálogo Espeleológico de Gipuzkoa con el número 204 (sobre un total de 2.440 cavidades catalogadas por la S. C. Aranzadi en Gipuzkoa).

La cueva había recibido escasas visitas, ya que el cordal Kilixketa-Gañeta-Uarrain es poco fecuentado y queda fuera de las rutas habituales de los montañeros. No obstante, personas con afán de figuración se atribuyeron recientemente su hallazgo y están promoviendo en la web su visita, con el consiguiente deterioro de esta cavidad fósil (y frágil ecológicamente) por parte de visitantes inescrupulosos, que están destruyendo aceleradamente las espeleotemas más delicadas. Este ha sido otro de los motivos para estudiar su fauna cavernícola, antes de que la degradación ambiental se torne más acentuada.

Es oportuno destacar al respecto que las cavidades fósiles, de dinámica lenta y baja energía, no soportan el turismo de masas y pueden ser rápidamente degradadas. No sólo se ve amenazado el medio físico (por sobrepresión y vandalismo) sino también su biota (por compactación de suelos, contaminación, pérdida de nutrientes, desbalance ecológico y alteración de las pequeñas áreas con biotopos óptimos para la alimentación, reproducción y descanso de las especies troglobias (Heaton, 1986; Ganter, 1989; Galán, 2006; Galán & Herrera, 1998). Por ello desaconsejamos las visitas turísticas a tan frágiles ambientes. La estupidez humana, en este sentido, causa daños irreparables a los seres vivos y a ambientes formados a lo largo de millones de años.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La Sierra de Aralar es una montaña calcárea situada sobre el anticlinorio sur del Arco Plegado Vasco (continuación de los Pirineos en la región). Es uno de los karst más emblemáticos del País Vasco y se extiende entre Gipuzkoa y Navarra. La mayor extensión del macizo corresponde al territorio de Navarra, mientras que el sector occidental pertenece a Gipuzkoa y cubre una superficie de 80 km². La altitud de los afloramientos carbonáticos oscila entre 300-400 m snm en los valles periféricos y un máximo de 1.430 m snm en la cumbre de Irumugarrieta. Aralar presenta una estructura de anticlinal doble, cabalgante en su parte N, la cual ha sido ampliamente descrita en otros trabajos (Duvernois et al., 1972; Galán, 2004). En el karst de Aralar son conocidas hoy más de 880 cavidades, la mayoría de ellas simas, siendo la sima de Ormazarreta 02 - Larretxiki ko leizea la más extensa y la de mayor desnivel de la Sierra, con -580 m de profundidad y 7 km de desarrollo, situada sobre la unidad Urgoniano Sur.

En lo que sigue nos referiremos especialmente al Aralar guipuzcoano y a su núcleo Jurásico, que ocupa la bóveda N anticlinal. En su parte central el Jurásico aflora sobre una gran extensión en la zona alta de la sierra (montes Kilixketa, Gañeta, Uarrain, Gambo y Pardarri, y las depresiones de Alotza y Arrubi-Katxiñe). Las calizas Jurásicas son contorneadas por formaciones detríticas del Purbeck-Weald, las cuales son seguidas hacia la periferia por calizas Urgonianas (de edad Aptiense - Albiense), que forman una aguda línea de cumbres y crestas en el relieve. Una delimitación de cuencas hidrogeológicas del karst de Aralar ha sido expuesta detalladamente en otros trabajos (Galán, 1978, 1988, 1989, 2004; Etxeberría et al., 1980; Galán & Etxeberría, 1994). La unidad Jurásico Central es drenada por los manantiales de Osin berde y Bombatxulo (Urtxikiain). El primero de ellos drena la mayor parte del Jurásico (83% de su superficie), mientras que el segundo drena un sector del borde NW, limitado por el cabalgamiento N. Sus caudales medios son de 600 l/s para Osin berde y 120 l/s para Bombatxulo. Las circulaciones subterráneas han sido verificadas mediante pruebas de trazado efectuadas por la SCA, entre el río subterráneo de la sima de Ondarre y Osin berde (1977), entre el sumidero de Katxiñe y Osin berde (1983), entre la depresión de Alotza y Osin berde (1990), y entre Komonsao y Bomba txulo (1998), todas ellas con resultado positivo.

El colector principal de la unidad Jurásico central ha sido encontrado en el río subterráneo de Ondarre, cavidad de -260 m de desnivel y 3,4 km de desarrollo, cuyo importante caudal descarga a través de la surgencia de Osin berde (en la cota 475 m snm) y sólo separada de ésta por una corta zona sifonante (parcialmente recorrida por buceo a partir de la surgencia). La cueva de Kilixketa, que describimos en este trabajo, pertenece a esta unidad y, dada su cota de acceso, el desnivel que recorren las aguas infiltradas en Kilixketa, entre esta y la surgencia, es próximo a -700 m. Las pruebas de trazado efectuadas en los sumideros de Alotza y Katxiñe, en el E de la misma unidad, dieron positivo en Osin berde, salvando distancias de 5 km y desniveles de -775 m. Por ello es posible afirmar que todo el extenso bloque de Ganbo drena subterráneamente a dicha surgencia. El desnivel potencial que teóricamente se puede alcanzar se aproxima a los -1.000 m y es uno de los más importantes de Gipuzkoa, a la vez que contiene en la sima de Ondarre el río subterráneo más caudaloso del territorio.

Otras cavidades importantes de esta unidad Jurásico central, además de Ondarre, son las simas de Malkorri y Basolo. La primera de ellas, situada en la parte alta de Uarrain, es una sima de trazado simple que alterna una sucesión de pozos verticales hasta -287 m de desnivel. Basolo por su parte es una cavidad ramificada situada en el flanco S de Pardarri; alcanza -182 m de desnivel y 880 m de desarrollo, albergando en su fondo una sala de grandes dimensiones. Basolo posee varios niveles de galerías subhorizontales que son verdaderos paleocauces, con rellenos sedimentarios que corresponden a sucesivas fases de excavación, anteriores en el tiempo al ciclo actual. La unidad contiene además un stock de 200 cavidades, predominantemente simas, finalizadas en obstrucción.

Así la cueva de Kilixketa, objeto de este trabajo, se sitúa en un contexto de karst de media-alta montaña, con un endokarst muy desarrollado, entre un conjunto numeroso de cavidades que tributan al colector de Ondarre y la surgencia de Osin berde. Ocupa una posición en la parte alta del anticlinal Jurásico, formando parte de una cobertura caliza parcialmente desmantelada por la erosión y denudación glacial durante los episodios fríos del glaciarismo cuaternario. Posiblemente se trata de un fragmento relicto o residual, de lo que anteriormente fue una cavidad mucho mayor.

EVOLUCION DEL KARST Y DEL RELIEVE DE ARALAR

Desde un punto de vista bioespeleológico es importante destacar que los cambios climáticos han desempeñado un importante papel en la evolución del karst y de la fauna cavernícola. En las zonas templadas de montaña de Norteamérica y Eurasia la evolución del karst ha estado comandada en gran medida por los cambios climáticos (Maire et al., 1989; Galán, 1991), ya que estos determinan la cantidad de agua disponible tanto para la disolución del endokarst como para la erosión de superficie. A los climas tropicales que predominaron durante gran parte del Terciario (con temperaturas medias 12°C más altas que la actual) siguió un paulatino enfriamiento a partir del Oligoceno, con ocurrencia de al menos 17 ciclos glaciares entre el Plioceno final y el presente (Hambrey & Harland, 1981). La temperatura media durante los máximos glaciales llegó a ser 8°C más baja que la actual.

La región de los Pirineos (de la cual Aralar es parte) se elevó durante el Oligoceno y Mio-Plioceno, al progresar la compresión y el plegamiento pirenaicos, pero a la vez fue destruyéndose por erosión y denudación. Las últimas pulsiones orogénicas tuvieron lugar durante el Pleistoceno, produciendo levantamiento (surrección) en los Pirineos y denudación glacial en los niveles altos. A la vez las fluctuaciones del nivel marino (relacionadas con la construcción y fusión de las masas de hielo) renovaron la erosión de los valles y produjeron un progresivo descenso de los niveles de base, con la consiguiente incisión del relieve. En los macizos kársticos de niveles altos (como el karst Jurásico de Aralar) la erosión glacial rebajó el terreno, recortando y haciendo desaparecer antiguas redes subterráneas. El drenaje subterráneo se hundió siguiendo el descenso experimentado por los niveles de base; en este proceso dejó abandonados antiguos conductos y creó nuevas galerías en niveles inferiores. Numerosas simas y cuevas de Aralar (incluyendo a Kilixketa) se presentan hoy en posiciones topográficas que no cuentan con agua suficiente para explicar su formación, y ello es producto del hundimiento del drenaje y de la modificación del relieve por la denudación superficial.

En el karst Jurásico de Aralar, la denudación glacial durante el Pleistoceno rebajó el terreno en más de 100 m. Durante el Holoceno (los últimos 10 mil años) el rebajamiento de la superficie del karst ha sido apenas de 120-130 mm, por lo que se habla de la relativa inmunidad de los macizos calcáreos a la erosión de superficie en las condiciones actuales, donde la disolución ocurre básicamente en profundidad, en el endokarst (Audra, 1987; Galán, 2004; Galán & Zubiria, 2002; Maire et al., 1989). Los testigos sedimentarios conservados en las galerías de la sima de Basolo han aportado datos esclarecedores, mostrando un rebajamiento de superficie del orden de 140 m y un hundimiento del drenaje subterráneo del orden de 100 m (Galán & Zubiría, 2002).

La evolución del relieve en Aralar ha supuesto tanto la karstificación como el desmantelamiento y remoción de materiales en su superficie. Por comparación con karsts cercanos, como el karst de Larra, podemos suponer -como hipótesis- que para el Plioceno la sierra poseía una cubertura más extensa de las rocas más jóvenes. Es probable que gran parte del anticlinal Jurásico estuviera cubierto por terrenos del Purbeck-Weald, y que el Domo de Ataun estuviera cubierto en su totalidad por las calizas Urgonianas y su envoltura detrítica. Durante el Terciario tardío y el Cuaternario la erosión de superficie desmantela el domo y hace aflorar al Weald en su núcleo, mientras el corazón Jurásico va siendo progresivamente despejado de materiales más jóvenes, aumentando su superficie de afloramiento. A la vez, en Alotza afloran los tramos basales menos permeables de la serie marina Jurásica, desplazando las líneas preferenciales del drenaje subterráneo hacia la periferia del cuerpo anticlinal.

La karstificación progresa a medida que las calizas son expuestas, pero a la vez los episodios glaciales rebajan las superficies de afloramiento recortando y haciendo desaparecer las redes antiguas. La progresiva erosión del karst de la sierra finaliza con el último máximo glacial. Durante el Holoceno el relieve se muestra inmune, la sierra se recubre en gran parte de hayedos y la infiltración vertical de las precipitaciones excava numerosas simas que se hunden directamente hacia la red profunda de drenaje subterráneo actual. Adicionalmente, la alternancia hielo-deshielo (por variaciones térmicas diarias y estacionales) provoca una intensa gelifracción y colapso de bloques, lo cual tiende a colmatar muchas bocas y pozos de sima jóvenes. Como resultado, pocas cavidades del karst Jurásico central tienen continuaciones penetrables de cierta extensión lateral. Como más adelante veremos, la colonización del karst y la evolución de la fauna cavernícola han acompañado estos procesos, diferenciando especies troglobias en distintas épocas del pasado, de distintos linajes y procedentes de distintos medios epígeos y transicionales. Y esta es una de las características que permite explicar la biodiversidad encontrada en las cavidades de Aralar en el momento presente.

DESCRIPCIÓN DE LA CAVIDAD

La cavidad es de trazado muy simple. La boca, de 2 m de diámetro, se abre vertical en el fondo de una pequeña dolina. La entrada desciende escalonada y luego en rampa, aumentando su altura a 5 m, para intersectar perpendicularmente en la cota -10 m una amplia galería fósil subhorizontal, de orientación NE-SW. Al pie de la rampa hay un cono de derrubios con pequeños bloques clásticos, humus y algo de materia orgánica vegetal, así como restos óseos dispersos de vertebrados.

Hacia el NE la galería sigue 15 m en leve descenso hasta una sala plana donde se cierra, con dos pequeños nichos laterales. Hacia el SW la cavidad desciende con techo algo más bajo hasta otro tramo plano (cota -14 m), ganando en amplitud y altura, y con numerosos revestimientos de espeleotemas, coladas y gours. Un pequeño hilo de agua en este sector se sume contra la pared N en una estrecha simita, de -4 m (punto bajo, cota -18 m). La continuación de la galería principal es ascendente, doblando en ángulo hacia el Sur para, tras otro ascenso de una colada, cerrarse en un tramo superior, donde se alcanza la cota 0 m. En este tramo hay amplios gours de poco fondo, y diversas estalactitas de caudal y estalagmitas de tonos amarillentos. En algunos puntos hay recubrimientos de moonmilk junto a tapices bacteriales y pequeñas espeleotemas botroidales y excéntricas, aunque predominan ampliamente las coladas, mantos y suelos estalagmíticos. También existe un conducto colgado a +5 m de altura sobre el suelo que perfora en bypass el ángulo previo. La cavidad totaliza 100 m de desarrollo y -18 m de desnivel. Plano de la cavidad en Figura 01. Detalles de la morfología de las galerías, espeleotemas y algunos ejemplos de fauna en Figuras 02 á 22.

La cueva posee un ambiente muy húmedo y recibe numerosas filtraciones dispersas, que alimentan las coladas y gours. La temperatura ambiente durante nuestras visitas (con buen tiempo y sin nieve en superficie) fue de 7-8°C y la del agua de 6°C, con una humedad relativa del 100%. Es de suponer que en períodos más álgidos del invierno la cueva posea aguas algo más frías, de fusión nival.

BIOLOGÍA SUBTERRÁNEA

La cueva recibe aportes tróficos a partir de las aguas de infiltración dispersa, sobre su superficie, y a partir del ingreso de troglóxenos y materiales orgánicos a través de la boca de acceso. Por estar en una zona alta, actualmente de prados, los recursos tróficos son reducidos. No obstante, en el cono de derrubios y áreas adyacentes, son importantes los aportes de humus del suelo superior, que pueden contener representantes edáficos, muscícolas y vegetación criptogámica de la dolina de entrada.

La fauna de la zona de entrada e inicio de la zona oscura comprende un conjunto de especies troglóxenas y troglófilas comunes en cuevas de Gipuzkoa. Han sido encontrados moluscos gasterópodos *Cochlicopa lubrica* (Müller) (Cochlicopidae) e *Hygromia limbata* (Draparnaud) (Hygromiidae), araneidos *Metellina merianae* (Scopoli) (Tetragnathidae) y *Nesticus cellulanus* Clerck (Nesticidae), isópodos *Oniscus asellus* Linné (Oniscidae), dípteros *Limonia nubeculosa* Meigen (Limoniidae), larvas de *Tipula sp.* (Tipulidae), *Hypocera flavimana* (Meigen) (Phoridae), *Rhymossia fenestralis* Meigen (Mycetophilidae), fragmentos de alas de tricópteros *Mesophylax aspersus* Rambur (Limnephilidae), lepidópteros *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus) (Noctuidae), coleópteros *Haptoderus aralarensis* Mateu (Carabidae Petrostichinae), y cráneos de chovas piquigualdas *Pyrrhocorax graculus* (Linnaeus) (Aves: Corvidae). La fauna acuática stygófila esta representada por el ostrácodo podocópido *Potamocypris wolfi* Brehm (Cypridae) y por dos especies de copépodos harparcticoides: *Atteleya crassa* (Sars) y *Epactophanes richardi* Mrázek (Canthocamptidae), todos ellos troglófilos, existiendo una especie stygobia adicional de esta misma familia (Ver Tabla 1).

Sobre este conjunto haremos a continuación algunos comentarios más extensos (biológicos y ecológicos) sobre las especies menos conocidas en cuevas de la región o poco frecuentes.

El coleóptero *Haptoderus aralarensis* Mateu es un carábido troglóxeno, de 7-7,5 mm de talla, habitual debajo de piedras en los hayedos y en la zona de entrada de cuevas con hojarasca y madera en descomposición. Descrito de la Sierra de Aralar, ha sido encontrado también en cavidades en el pequeño macizo de Orobe (Alsasua, muy próximo y al SW de Aralar). El género *Haptoderus* es típico de los relieves pirenaicos y el País Vasco constituye el límite W de su área de dispersión.

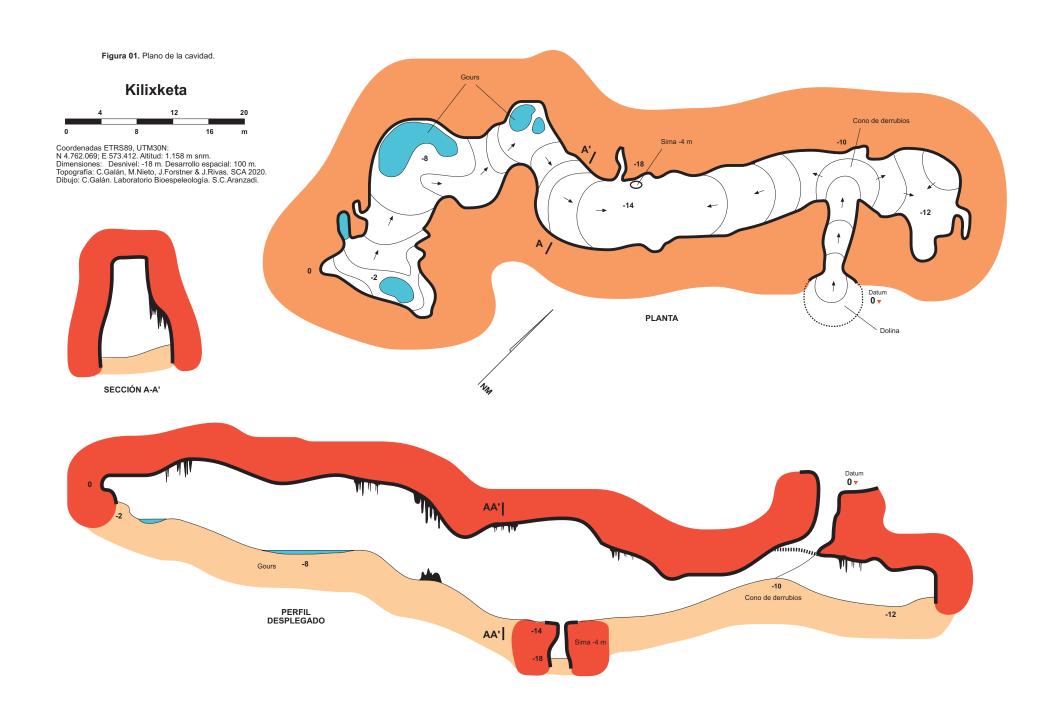






Figura 02. Ascenso hacia el cordal Kilixketa - Beleku - Uarrain. Unidad Jurásico central de Aralar.



Figura 03. Ladera W de Kilixketa, con el Txindoki al fondo. Unidad Jurásico central de Aralar.

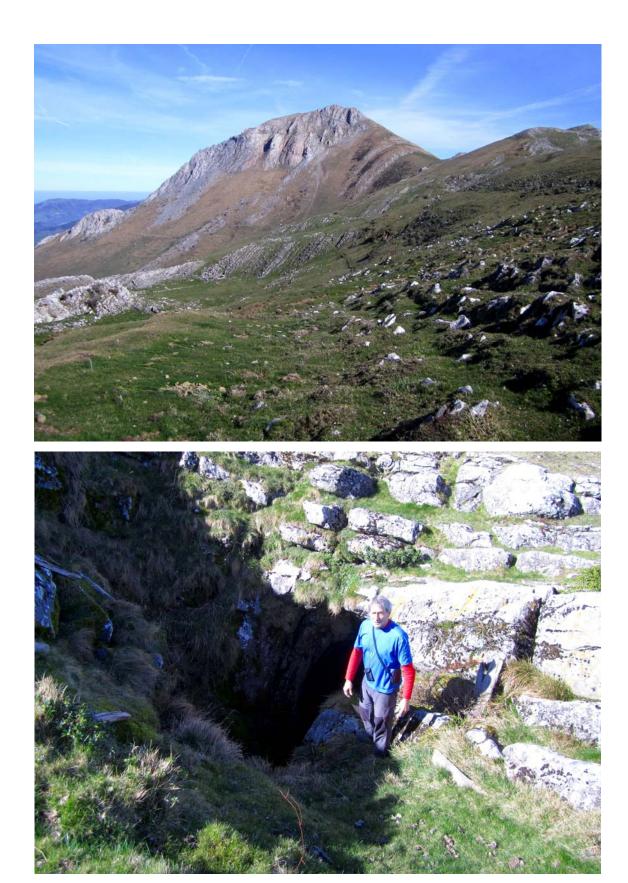


Figura 04. Dolina y boca de acceso de la cueva de Kilixketa, cerca de la cumbre. El Txindoki al Norte.

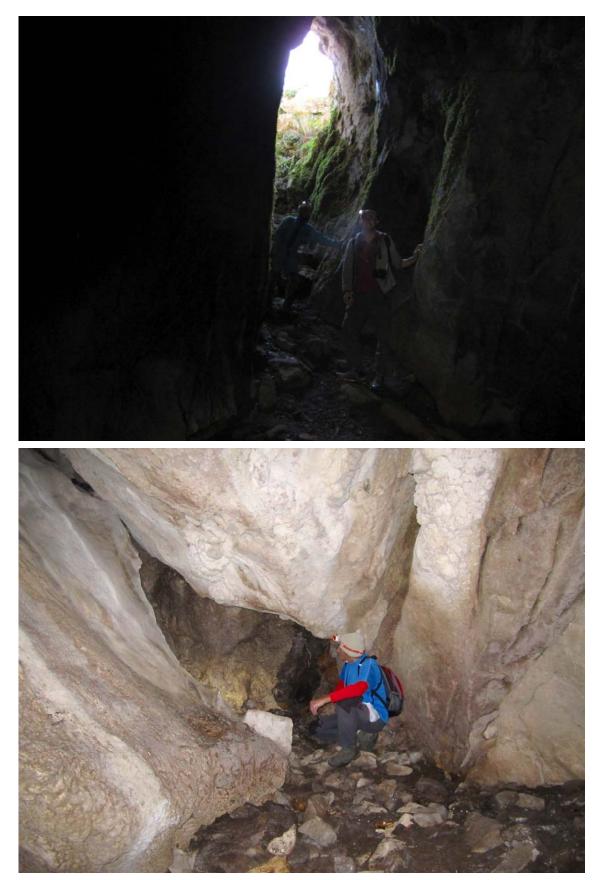


Figura 05. Galería de entrada, en rampa escalonada, y laterales del cono de derrubios (cota -10 m).



Figura 06. Detalle de coladas de suaves tonos naranja y estalagmitas amarillas con morfología de huevos fritos.



Figura 07. Prospecciones biológicas a lo largo de las paredes y suelos de la galería principal.

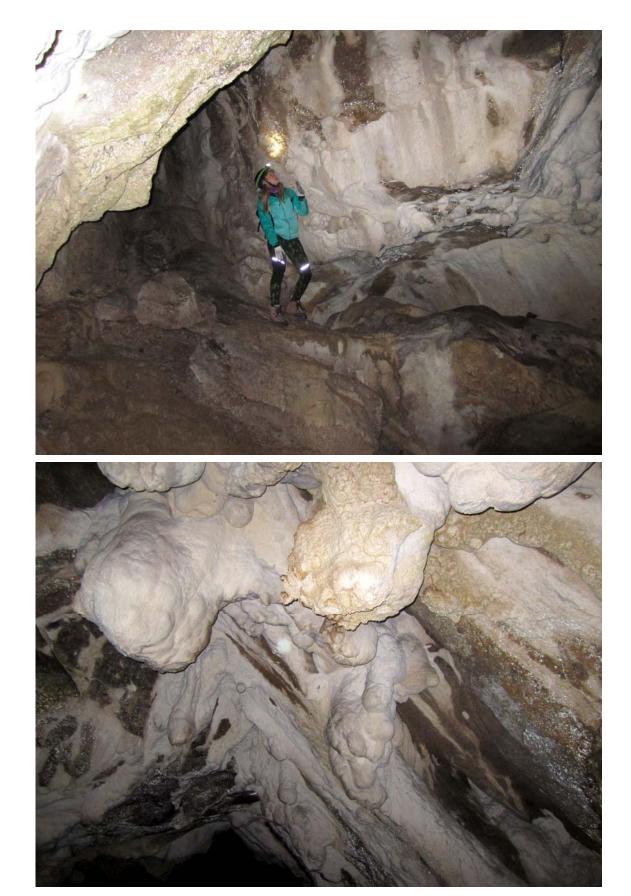


Figura 08. Galería principal, Tramo con grandes estalactitas globulares en la bóveda y paredes con tapices bacteriales y recubrimientos porosos e hidratados de moonmilk.

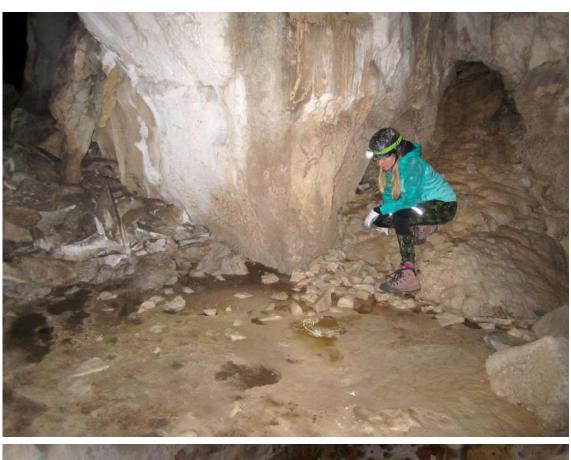




Figura 09. Gours con algo de arcilla negra, procedente del cono de derrubios, e inicio de tramo ascendente, con extensas coladas y suelos estalagmíticos.

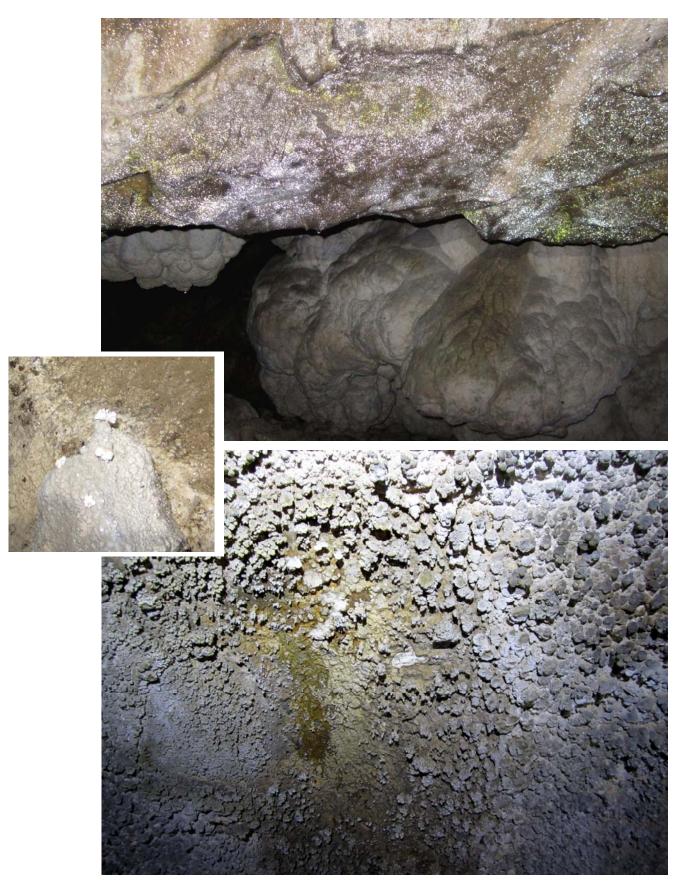


Figura 10. Detalle de bóvedas con tapices bacteriales y protozoos Amoebozoa (arriba), pequeñas espeleotemas botroidales (debajo) y crecimientos excéntricos de calcita sobre espeleotemas basales (recuadro).

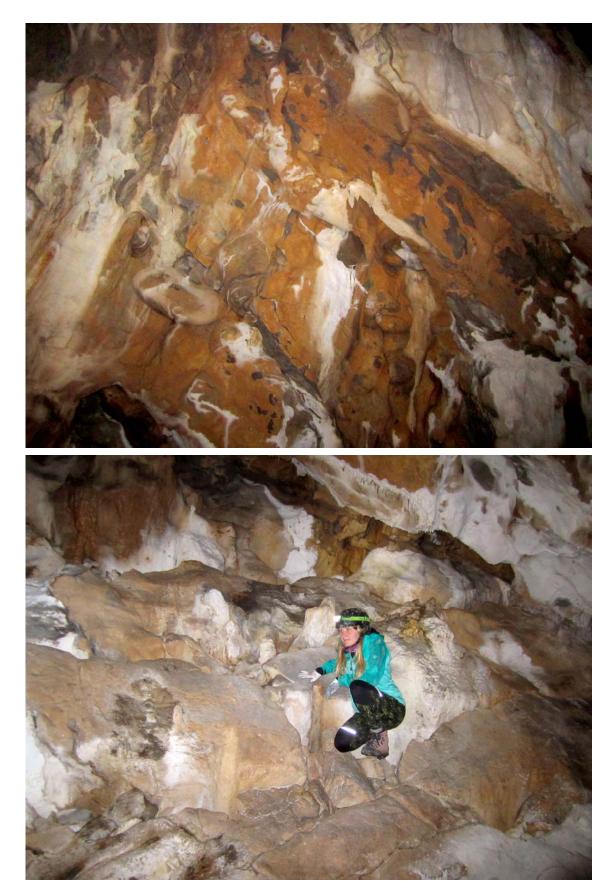


Figura 11. Zona central de la cavidad, con espeleotemas y revestimientos parietales, de colores blancos y ocres, sobre la roca-caja negra de calizas del Dogger (Jurásico).





Figura 12. Gran profusión de coladas y suelos estalagmíticos, recubriendo todo el diámetro de la galería.





Figura 13. Estalagmitas, coladas y mantos estalagmíticos, con pequeñas estalactitas isotubulares en los bordes.

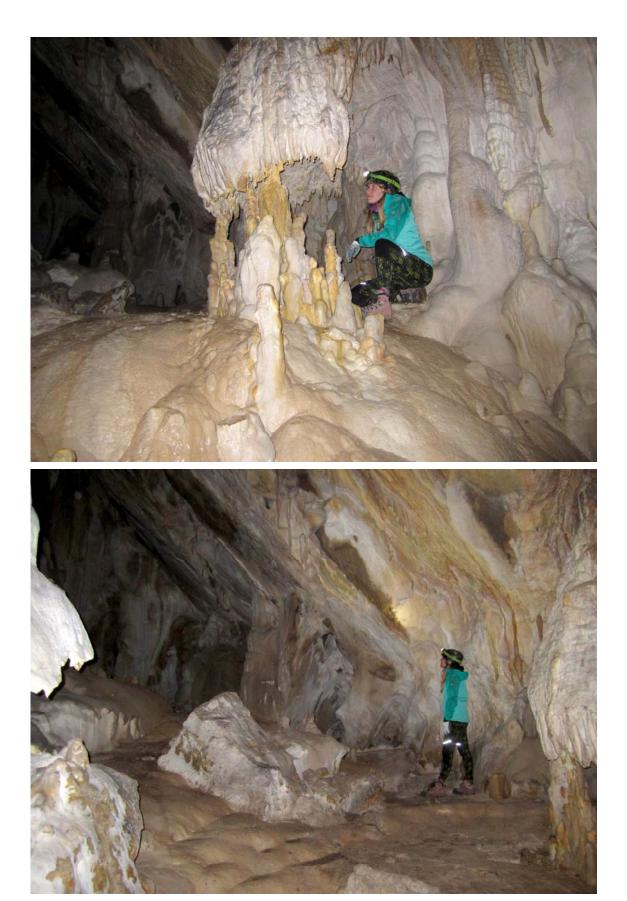


Figura 14. Nicho con estalagmitas y columnas (arriba) y suelos estalagmíticos con gours (debajo).

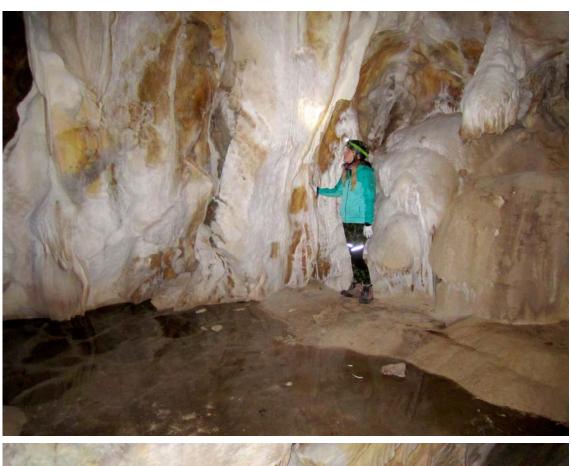




Figura 15. Coladas y gours en un recodo de la galería principal en su tramo ascendente.

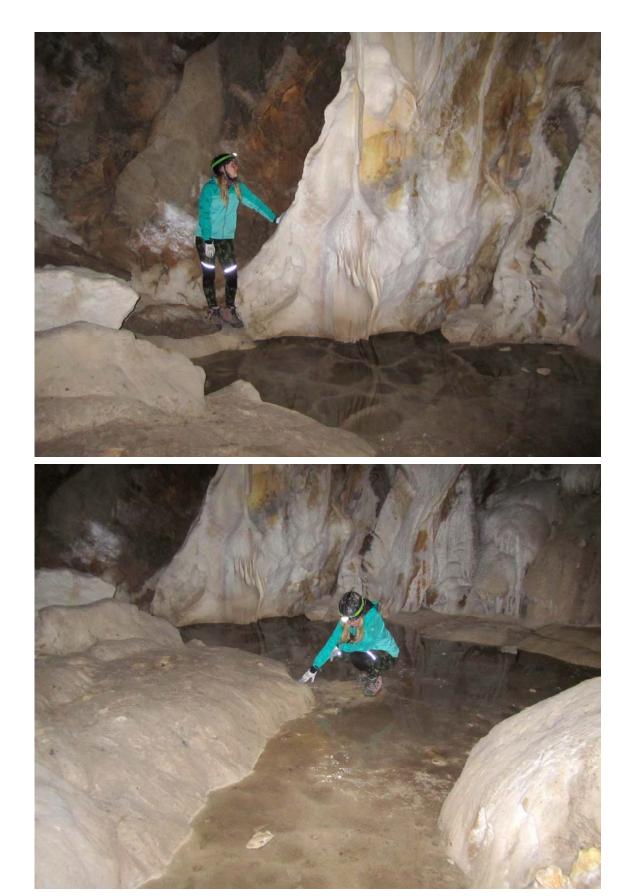


Figura 16. Grandes gours, en cuyo fondo habita una meiofauna acuática de crustáceos (ostrácodos y copépodos).

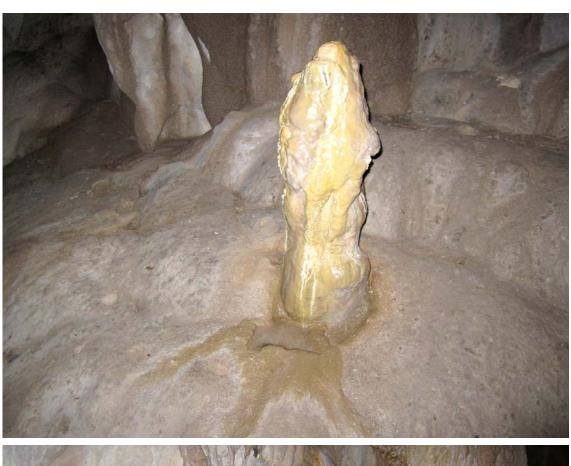




Figura 17. Diversidad de espeleotemas de calcita, algunas de ellas coloreadas con tonalidades amarillas.





Figura 18. Zona superior terminal de la cavidad, donde la galería asciende hasta la cota 0 m, con grandes coladas y suelos estalagmíticos.

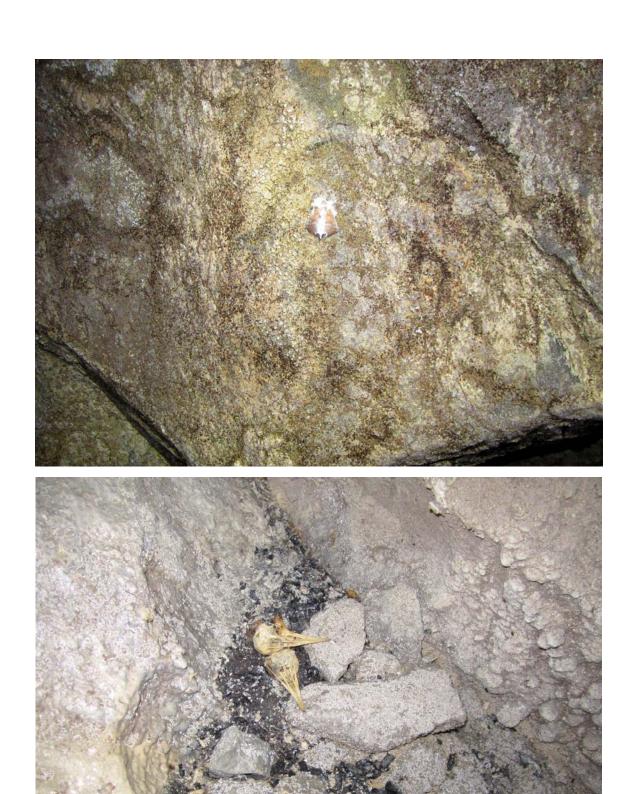


Figura 19. Lepidóptero *Scoliopteryx libatrix* cubierto de mohos y tapices bacteriales (arriba). Debajo: cráneos de chova piquigualda *Pyrrhocorax graculus* (la imagen es de la cercana sima de Arroi; en Kilixketa hay restos fragmentados).



Figura 20. Detalles de opilión *Ischyropsalis* y pseudoescorpión *Neobisium* del subgénero *Blothrus*, ambos troglobios.





Figura 21. Nichos con pequeñas excéntricas y diversidad de espeleotemas es la cavidad fósil de Kilixketa.





Figura 22. Las espeleotemas recubren y enmascaran suelos de bloques y sedimentos subyacentes. En diversos puntos los pequeños caudales hídricos de las coladas y gours se infiltran en la roca-caja de calizas grises del Dogger, formando parte del acuífero Jurásico central que descarga en la surgencia de Osin berde.

Los dípteros Tipulidae son una familia de mosquitos de gran tamaño y patas muy largas (aunque no pican), que contiene gran número de especies. En la cueva no hallamos adultos sino sólo larvas de *Tipula sp.*, de formas cilíndricas y sin patas, 2 cm de talla, de color marrón, con la apariencia de lombrices. Las larvas de *Tipula* encontradas habitaban en el suelo húmedo del cono de derrubios, donde se enterraban como las lombrices en la tierra negra y bajo piedras, pero se distinguen bien por tener una cápsula cefálica característica y abdomen segmentado, con el último segmento terminado en cuatro pequeñas prolongaciones prominentes en forma de tentáculos, que rodean a dos espiráculos u orificios respiratorios y al ano. Sus hábitos alimentarios son detritívoros. Las larvas son comunes en el medio edáfico y los adultos no son infrecuentes en cuevas, pero la presencia de larvas es rara.

Las chovas *Pyrrhocorax* son frecuentes en Aralar (Galán, 1993). La especie hallada *Pyrrhocorax graculus* es de pico amarillo y talla algo menor que la de pico rojo (*P. pyrrhocorax*) y habita generalmente en zonas altas. Con frecuencia se la ve volando en grandes bandadas en Kilixketa y Beleku, y en las zonas altas de Aralar suele anidar en cornisas de paredes verticales y en la entrada de simas. Recientemente fue hallada en la sima de Elekomuts Norte (Galán et al, 2019) y previamente en otras simas. En la cavidad encontramos fragmentos de un cráneo y en la cercana sima de Arroi (a 120 m al SW de Kilixketa) dos cráneos completos, de la misma especie. Se trata probablemente de ejemplares que anidaban en estas cavidades y han muerto por el stress producido por visitas turísticas en época reciente.

En la cavidad también hallamos restos de alas de tricópteros *Mesophylax aspersus* Rambur. Los adultos normalmente acuden en verano para reproducirse en las cuevas y luego las abandonan para efectuar la puesta de huevos en los ríos, donde se desarrollan las larvas acuáticas. Los fragmentos hallados corresponden a restos de predación por parte de araneidos. Igualmente hallamos algunos adultos de lepidópteros *Scoliopteryx* muertos sobre las paredes y recubiertos por mohos.

Los crustáceos acuáticos (ostrácodos y copépodos) son formas diminutas (= meiofauna, de menos de 1 mm), que habitan en el fondo de los gours. Las especies halladas suelen considerarse troglóxenos o accidentales, ya que normalmente se las encuentra en musgos, charcas y manantiales, de donde pasan a las aguas subterráneas, accidental o regularmente. Son de hábitos micrófagos. En el caso de Kilixketa las consideramos troglófilos, por completar su ciclo vital en los gours, y también porque no existen biotopos epígeos próximos, que puedan frecuentar, ya que la cavidad se abre cerca de una cumbre desprovista de charcas. Sus poblaciones sí pueden estar en relación con ambientes similares de otras simas y aguas subterráneas que se infiltran en dolinas en este sector.

Tabla 1. Lista de las especies cavernícolas identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 24 taxa (8 troglobios).

Grupo	Familia o grupo superior	Especie	Categoría ecológica
Mollusca	Cochlicopidae	Cochlicopa lubrica (Müller)	Troglóxeno
Mollusca	Hygromiidae	Hygromia limbata (Draparnaud)	Troglóxeno
Pseudoescorpiones	Neobisiidae	Neobisium (Blothrus) breuili Bolívar	Troglobio
Pseudoescorpiones	Neobisiidae	Neobisium (Blothrus) nonidezi Bolívar	Troglobio
Opiliones	Ischyropsalididae	Ischyropsalis navarrensis Roewer	Troglobio
Araneida	Tetragnathidae	Metellina meriane (Scopoli).	Troglófilo
Araneida	Nesticidae	Nesticus cellulanus Clerck.	Troglófilo
Crustacea Ostracoda	Podocopida. Cypridae	Potamocypris wolfi Brehm.	Troglófilo
Crustacea Copepoda	Harpacticoida. Canthocamptidae	Atteleya crassa (Sars).	Troglófilo
Crustacea Copepoda	Harpacticoida. Canthocamptidae	Epactophanes richardi Mrázek	Troglófilo
Crustacea Copepoda	Harpacticoida. Canthocamptidae	Bryocamptus pyrenaicus Chappuis	Troglobio
Crustacea Isopoda	Trichoniscidae	Trichoniscoides pseudomixtus Arcángeli	Troglobio
Crustacea Isopoda	Oniscidae	Oniscus asellus Linné	Troglóxeno
Collembola	Entomobryidae	Pseudosinella antennata Bonet.	Troglobio
Diptera	Limoniidae	Limonia nubeculosa Meigen	Troglóxeno
Diptera	Tipulidae	Tipula sp. Larvas.	Troglóxeno
Diptera	Phoridae	Hypocera flavimana (Meigen)	Troglóxeno
Diptera	Mycetophilidae	Rhymossia fenestralis Meigen	Troglóxeno
Trichoptera	Limnephilidae	Mesophylax aspersus Rambur. Alas fragmentos	Troglóxeno
Lepidoptera	Noctuidae	Scoliopteryx libatrix (Linnaeus)	Troglóxeno
Coleoptera	Carabidae. Petrostichinae	Haptoderus aralarensis Mateu	Troglóxeno
Coleoptera	Leiodidae. Leptodirinae	Euryspeonomus breuili Jeannel	Troglobio
Coleoptera	Leiodidae. Leptodirinae	Euryspeonomus ciaurruizi igaratzai Español.	Troglobio
Aves	Corvidae	Pyrrhocorax graculus (Linnaeus). Cráneos	Troglóxeno

La fauna troglobia hallada comprende una especie acuática de copépodo y siete especies terrestres. El copépodo *Bryocamptus pyrenaicus* Chappuis pertenece a la misma familia que las especies troglófilas antes citadas (Canthocamptidae). Carece de ojos y pigmentos y es una forma estrictamente stygobia, muy especializada y de antiguo origen. Sólo ha sido hallada en cavidades de la vertiente pirenaica francesa y en la Sierra de Aralar. Pertenece a un grupo de harpacticoides que no nadan sino que se desplazan sobre el sustrato del fondo. De lejano origen muscícola, se trata de un género primariamente cosmopolita, que sigue habitando en biotopos epígeos en las regiones tropicales, mientras que en zona templada ha buscado refugio en las cuevas, siendo varias de sus especies stygobias y relictos de una fauna tropical del Terciario.

Las formas troglobias terrestres comprenden: dos especies de pseudoescorpiones: *Neobisium (Blothrus) breuili* Bolívar y *Neobisium (Blothrus) nonidezi* Bolívar; el opilión *Ischyropsalis navarrensis* Roewer (Ischyropsalididae); un isópodo terrestre: *Trichoniscoides pseudomixtus* Arcángeli (Trichoniscidae); el colémbolo *Pseudosinella antennata* Bonet (Entomobryidae); y dos especies de coleópteros: *Euryspeonomus breuili* Jeannel y *Euryspeonomus ciaurruizi igaratzai* Español (Leiodidae: Leptodirinae). Llama la atención la ocurrencia de especies troglobias taxonómicamente próximas, del mismo género, tanto en pseudoescorpiones *Neobisium* del subgénero *Blothrus* como en coleópteros *Euryspeonomus* de dos subgéneros distintos.

Los pseudoescorpiones *Neobisium* son troglobios muy modificados y activos depredadores. Las dos especies son endemismos exclusivos de Aralar (Gipuzkoa y Navarra) y están ampliamente distribuidas tanto en calizas Jurásicas como Urgonianas. *N.breuili* era conocida de cuevas en calizas urgonianas en las zonas de Astiz, Alli, Iribas, Putxerri, Txindoki, y Basolo (en la unidad Jurásico central), y ahora de Kilixketa. Por su parte *N. nonidezi* era conocida de cavidades en Astiz, Iribas, Alzotei, Putxerri, Ormazarreta, Larretxiki, domo de Ataun (Troskaeta, Antonen kobea), y ahora de Kilixketa, aunque los ejemplares de Ataun presentan algunas leves variaciones morfológicas con respecto a la serie típica, cuyas implicaciones taxonómicas aún no han sido ponderadas (Zaragoza & Galán, 2007). Los ejemplares de Kilixketa guardan mayor similitud con estos últimos. Previamente ha sido confirmada también la presencia simultánea de dos especies troglobias del subgénero *Blothrus* en una misma cavidad.

El subgénero *Blothrus* comprende 16 especies troglobias en Gipuzkoa, y representa a un linaje de los *Neobisium* que habitó en la región durante el Paleógeno y Neógeno, caracterizados por largos periodos de clima ecuatorial y cubiertos de bosques tropicales y subtropicales. Estos pseudoescorpiones habitaban en el mantillo de los bosques y en el musgo. El cambio de condiciones climáticas al final del Mioceno, con periodos áridos, favoreció la penetración de estos elementos humícolas epígeos en la red de fisuras de la roca-caja calcárea y su acceso a las cavernas propiamente dichas. Los supervivientes al tránsito inicial y a vicisitudes propias de la evolución continua de un karst, generaron formas de elevado y extremo troglomorfismo, que perviven hasta nuestros días. La alta diversidad de los pseudoescorpiones troglobios del subgénero *Blothrus* puede deberse al carácter insular que presenta el karst de Gipuzkoa (constituido de modo similar a un archipiélago de islas e islotes calcáreos), a que en él ha ocurrido una intensa diversificación y radiación adaptativa (con la consiguiente formación de especies troglobias endémicas de áreas restringidas), probablemente datantes de distintas épocas, y a que ha ocurrido una larga evolución subterránea, salpicada de múltiples vicisitudes históricas (Zaragoza & Galán, 2007).

El opilión *Ischyropsalis navarrensis* Roewer es también un endemismo prácticamente restringido a Aralar. El género *Ischyropsalis* posee 12 especies en la península ibérica, seis de ellas troglobias, restringidas a las zonas del norte (región vascocantábrica y nor-pirenaica). Gipuzkoa posee cinco especies, dos de ellas troglófilas y tres troglobias. Según los últimos re-arreglos taxonómicos *I. navarrensis* queda restringida a cavidades de Aralar (Gipuzkoa y Navarra), tanto en calizas Urgonianas como Jurásicas (cueva de Basolo), existiendo sólo una cita adicional de una cavidad en la Sierra de Urbasa - Andía (Navarra, al Sur de Aralar) (Galán, 2008). La especie es exclusivamente cavernícola, aunque posee ojos reducidos, pigmentación negra y quelíceros enormemente desarrollados. De lejano origen muscícola, las especies troglobias del género tienen unos hábitos detritívoros, alimentándose tanto de detritos vegetales como de pequeños animales muertos y partículas orgánicas.

Trichoniscoides pseudomixtus Arcángeli es un isópodo terrestre, troglobio, también endémico de Aralar. Se trata de una especie muy higrofílica, frecuente en cuevas sobre suelos arcillosos, detritos leñosos (madera muerta) y zonas tapizadas por recubrimientos estalagmíticos. Sus hábitos alimentarios son detritívoros micrófagos, alcanza 5 mm de talla y carece de ojos y pigmentos.

Los colémbolos son escasos en número en la cavidad y están representados por la especie troglobia *Pseudosinella antennata* Bonet (Entomobryidae). El género posee ocho especies en Gipuzkoa, seis de ellas troglobias, y caracterizadas por el gran desarrollo de la furca y de órganos sensoriales localizados en el tercer segmento antenal. *P. antennata* carece de ojos, es depigmentada y alcanza 2 mm de talla. Habita en la zona profunda, sobre paredes y suelos estalagmíticos, y tiene un tipo de alimentación polífaga u omnívora, frecuentando restos de madera, deyecciones de quirópteros o cualquier otro tipo de resto orgánico. Constituye una fuente de alimento para las especies carnívoras que predan sobre ellos, especialmente para pseudoescorpiones y carábidos troglobios.

Los coleópteros troglobios están representados por dos especies de pequeña talla del género *Euryspeonomus* (Leptodirinae; antes incluida en Catopidae: Bathysciinae). El género posee 4 especies troglobias en dos subgéneros: *Euryspeonomus s.str.* y *Urbasolus*. Al primero pertenecen dos especies: *E.breuili*, de cavidades de Aralar, y *E.mendizabali*, de los macizos de Ernio y Pagoeta. El segundo cuenta con otras dos especies: *E.eloseguii*, exclusivo de Urbasa y Andía (Navarra), y *E.ciaurruizi*, con dos subespecies. *E.c.ciaurruizi*, de una franja al N de Aralar (Atallo, Larraun, Aldaz) y *E.c.igaratzai*, restringida al Jurásico guipuzcoano (simas de Basolo, Leizeta), sima Elekomuts Norte (Jurásico, muga con Navarra), y encontrada ahora también en Kilixketa.

La primera especie, *E.breuili* Jeannel, tiene una amplia distribución en Aralar: zonas de Astiz, Alli, Irutxin, Alzotei, Txemiñe, Aparein, Putxerri, Basolo (donde convive con *E.c.igaratzai* Español, del subgénero *Urbasolus*), y Kilixketa. Español & Mateu (1945) describieron originalmente a los ejemplares de Kilixketa como una subespecie nueva: *Speonomus (Euryspeonomus) breuili* s. sp. *kilixketai* nov., destacando que se separa del *breuili* típico, por la conformación original de las antenas del macho en los ejemplares examinados, donde sorprende el notable engrosamiento que presentan los artejos sexto y séptimo en relación con los restantes artejos, de tal suerte que las antenas alcanzan su máxima anchura en aquel punto y se estrechan, tanto hacia la base como hacia el ápice. En el *breuili* típico, por el contrario, las antenas, aparte de ser más gráciles, se presentan sensiblemente engrosadas a partir del quinto artejo, y desde aquí hasta el ápice el grosor es mucho más uniforme, sin diferenciar el ensanchamiento central, tan característico de la nueva forma (Español & Mateu, 1945). En los ejemplares por nosotros colectados ahora en Kilixketa también nos llamó la atención este engrosamiento de las antenas, que difiere de los de otras localidades. La morfología externa y la del edeago son no obstante muy similares a los de la forma típica. Por ello nos inclinamos a pensar que los ejemplares de *E.breuili* de Kilixketa contienen leves diferencias y probablemente constituyen una especie nueva, en estado de formación (en proceso de diferenciación) y que se está produciendo por aislamiento de esta población al progresar la fragmentación del karst en la alta sierra.

Ambas especies de *Euryspeonomus* habitan sobre paredes estalagmíticas y debajo de piedras, siendo *E.breuili* más frecuente bajo piedras y en zonas más próximas a la boca. Ambas son de hábitos detritívoros micrófagos y son la presa preferente de los pseudoescorpiones *Neobisium* del subgénero *Blothrus*.

Como en el caso de los pseudoescorpiones *Neobisium*, los *Leptodirinae* troglobios ofrecen muchos casos de microendemismo, es decir, de la presencia de especies distintas sobre áreas geográficas próximas y muy pequeñas. En este proceso de especiación y radiación (fragmentación de una especie capa o tipo ancestral que probablemente ocupaba un área más extensa) sin duda han intervenido fenómenos complejos, paleoclimáticos y ecológicos.

En adición la cavidad presenta zonas con tapices de microorganismos (bacterias quimiolitótrofas), frecuentemente asociados a la formación de moonmilk. En zonas puntuales hay también tapices amarillos que probablemente corresponden a plasmodios de protozoos Mycetozoa (Amoebozoa), que fagocitan bacterias (Stanier et al, 1996). Estos microorganismos constituyen a su vez una fuente de alimento para los invertebrados troglobios, especialmente para formas limívoras (Vandel, 1964, Galán, 1993, 2004), que consumen arcilla (con cierto contenido en bacterias y protozoos) en alguna fase de su ciclo de vida.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Resulta curiosa la ocurrencia en la cavidad de un bajo número de especies troglóxenas y troglófilas, y, en comparación, una alta proporción de formas troglobias (8 sobre 24 taxa distintos). El primer aspecto es debido al escaso ingreso de nutrientes que recibe esta simple cavidad, localizada en una cumbre herbosa. El segundo aspecto es debido a que se trata de una cavidad relictual, probablemente correspondiente a un fragmento residual de una cavidad anteriormente más extensa, que ha resultado destruida o desmantelada por el avance de la erosión y rebajamiento de superficie en esta parte de la Sierra a lo largo del Pleistoceno.

Las especies troglobias más abundantes resultan ser los pseudoescorpiones *Neobisium* y coleópteros *Euryspeonomus*. Con la peculiaridad añadida de poseer dos especies próximamente relacionadas en ambos géneros. Ha sido indicado que la colonización del karst de Aralar no incluye sólo el relieve que observamos en la actualidad. Esta pudo iniciarse sobre una cobertura calcárea más extensa, hoy desaparecida por erosión y denudación de superficie. La fauna troglobia diferenció especies en distintos momentos, a lo largo de un extenso período de tiempo geológico, y muchas especies pudieron seguir habitando el medio hipógeo acompañando el progresivo hundimiento del drenaje subterráneo hacia los nuevos niveles de base que iban siendo creados (Galán, 2004).

Aunque el ambiente subterráneo es relativamente estable y conservador, en él también opera la selección natural. La biocenosis cavernícola integra distintas categorías de animales y posee numerosas relaciones con ecosistemas limítrofes. Las distribuciones en mosaico o irregulares de algunas especies en el karst de Aralar pueden tener su mejor explicación en el éxito colonizador de una especie en un macizo o zona, pero no en otra, o en la extinción local (por predación o competencia) de poblaciones que ocupaban áreas más extensas (Galán, 1993).

Un alto número de las especies troglobias reportadas son además endémicas de Aralar (únicas en el mundo y restringidas a este karst). Lo que señala que la región ha sido un activo centro de diversificación de especies troglobias, en distintos grupos zoológicos. El avance de la karstificación ha generado la fragmentación y subdivisión del karst en distintas unidades, irregularmente interconectadas. El progresivo aislamiento genético puede propiciar numerosos fenómenos de microevolución, con la consiguiente aparición de neoespecies endémicas y una alta diversidad faunística. La cueva de Kilixketa muestra en especial la coexistencia en una misma cavidad de especies troglobias próximamente relacionadas taxonómicamente y con grandes afinidades tróficas y ecológicas. Podemos concluir que la cavidad posee un interesante ecosistema, con cierto número de especies troglobias de antiguo origen Terciario y elevado troglomorfismo (auténticos "fósiles vivientes", en la acepción de: Vandel, 1964), relictas de otras épocas, en las que reinaron sobre la región climas tropicales y subtropicales.

De ahí el interés en conservar estas excepcionales especies, hoy amenazadas por las actividades humanas (especialmente por el uso de agroquímicos) y de recordar a los amantes de la naturaleza que estas cavidades fósiles no soportan el turismo de masas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos aquellos integrantes y colaboradores de la Sociedad de Ciencias Aranzadi que han ayudado en los trabajos de campo efectuados en esta cavidad, entre ellos a Ezequiel Yrurtia. A tres árbitros de Biosphere Consultancies (United Kingdom) y Sociedad de Ciencias Aranzadi, por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

- Audra, P. 1987. Premiéres observations morphologiques et spéléologiques sur le karst haut-alpin du Tennengebirge (Salzburg, Austriche). Karstologia, 9: 17-26.
- Duvernois, C.; M. Floquet & B. Humbel. 1972. La Sierra d'Aralar. Stratigraphie. Structure. Cartographie au 1/25.000. 264 p. Tesis doctoral. Univ. Dijon.
- Español, F. & J. Mateu. 1945. Coleópteros nuevos de la sierra del Aralar (confines Navarra-Guipúzcoa). Eos, 21: 259-273. Etxeberría, F.; J. Astigarraga; C. Galán & R. Zubiria. 1980. Estudio de zonas kársticas de Guipúzkoa: el Urgoniano Sur de la Sierra de Aralar. Munibe,
- Etxeberria, F.; J. Astigarraga; C. Galan & R. Zubiria. 1980. Estudio de zonas karsticas de Guipuzkoa: el Orgoniano Sur de la Sierra de Araiar. Munibe, S.C.Aranzadi, 32 (3-4): 207-256.
- Galán, C. 1978. El río subterráneo de Ondarre y la karstificación en la Sierra de Aralar. Munibe, S.C.Aranzadi, 30(4): 257-283. (Aparece como anónimo).
- Galán, C. 1988. Zonas kársticas de Guipúzcoa: Los grandes sistemas subterráneos. Munibe, S.C.Aranzadi, 40:73-89.
- Galán, C. 1989. Estudio hidrogeológico del sistema kárstico de Ormazarreta (Sierra de Aralar). Príncipe de Viana (Supl.Ciencias), Gob.Navarra, Dpto. Educación y Cultura, IX (9): 5-42.
- Galán, C. 1991. Disolución y génesis del karst en rocas carbonáticas y rocas silíceas: un estudio comparado. Munibe (Cienc. Nat.), 43: 43-72.
- Galán, C. 1993. Fauna hipógea de Gipuzkoa: su ecología, biogeografía y evolución. Munibe (Cienc.Nat.), S.C.Aranzadi, 45: 1-163.
- Galán, C. 2004. Fauna cavernícola de la Sierra de Aralar: ecología, taxonomía y evolución. Pág. web http://www.aralar-natura.org (Gobierno Vasco & S.C.Aranzadi), 22 pp.
- Galán, C. 2006. Conservación de la fauna troglobia de Gipuzkoa: 5. Manejo de zonas kársticas y fauna troglobia. Lab. Bioespeleología S.C.Aranzadi. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 11 pp.
- Galán, C. 2008. Opiliones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas (Arachnida: Opiliones). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadisciences.org, Archivo PDF, 12 pp.
- Galán, C. 2012. Nota sobre especies cavernícolas troglobias nuevas para la Ciencia de cuevas de Gipuzkoa (País Vasco): Addenda y estado de las investigaciones. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 10 pp.
- Galán, C. & F. Etxeberría. 1994. Karsts y cavernas de Gipuzkoa. Colección BERTAN, Dpto. Cultura, D.F. Gipuzkoa (Ed.Euskera + Inglés-Francés-Español). (6): 72 pp + 30 pp. 160 Illustr.color.
- Galán, C. & F.F. Herrera. 1998. Fauna cavernícola: ambiente y evolución (Cave fauna: environment and evolution). Bol.Soc.Venez. Espeleol, 32: 13-43.
- Galán, C. & R. Zubiria. 2002. Basoloko leizea: nuevos datos para interpretar la evolución del karst Jurásico Central de la Sierra de Aralar. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 9 pp.
- Galán, C.; J.M. Rivas & I. Herraiz. 2019. Sima Elekomuts Norte (Aralar): neveros subterráneos y detalles cartográficos. Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 36 pp.
- Ganter, J. 1989. Cave exploration, cave conservation. Some thoughts on compatibility. NSS News, 1989: 249-253.
- Hambrey, M. & B. Harland. 1981. The evolution of climmates. In: The Evolving Earth. British Mus. Nat. Hist., Cambridge Univ. Press. 264 p.
- Heaton, T. 1986. Caves: a tremendous range in energy environments on Earth. NSS News, 1986: 302-304.
- Maire, R.; Y. Quinif; M. Douat & J. Bauer. 1989. Le long labeur du temps: esquisse de l'histoire géologique de la Pierre Saint Martin. Bol. ARSIP, 16: 19-41.
- Stanier, R.; J. Ingraham; M. Wheelis & P. Painter. 1996. Microbiología (Segunda Edición). Ed.Reverté, Barcelona, 750 pp.
- Vandel, A. 1964. Biospéologie: La Biologie des Animaux cavernicoles. Ed.Gauthier-Villars, Paris, 619 p.
- Zaragoza, J. & C. Galán. 2007. Pseudoescorpiones cavernícolas de Gipuzkoa y zonas próximas. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadisciences.org, Archivo PDF, 14 pp.