

CAVIDADES DE PIPING EN ARCILLAS MIOCENAS EN EL RINCÓN DE LAS CANTERAS Y CAÑÓN DE LOS SORIANOS (BARDENAS, NAVARRA), CON NOTAS SOBRE SU FAUNA CAVERNÍCOLA.

Piping cavities in Miocene clays in the Rincón de las Canteras and Sorianos canyon (Bardenas, Navarra), with notes on its cave fauna.



Carlos GALÁN, Marian NIETO, Juliane FORSTNER & Egoitz GABILONDO

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

CAVIDADES DE PIPING EN ARCILLAS MIOCENAS EN EL RINCÓN DE LAS CANTERAS Y CAÑÓN DE LOS SORIANOS (BARDENAS, NAVARRA), CON NOTAS SOBRE SU FAUNA CAVERNÍCOLA.

Piping cavities in Miocene clays in the Rincón de las Canteras and Sorianos canyon (Bardenas, Navarra), with notes on its cave fauna.

Carlos GALÁN, Marian NIETO, Juliane FORSTNER & Egoitz GABILONDO.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Septiembre 2020.

RESUMEN

El trabajo describe la exploración y estudio de un conjunto de cavidades, cañones y geoformas, localizadas en el Rincón de las Canteras, La Blanca y zona baja del cañón de los Sorianos (Sur de la Bardena Blanca, Navarra). Las cavidades se desarrollan en arcillas y lutitas ocre y rojas de la Formación Tudela (de edad Mioceno, Terciario) y en arcillas Holocenas. El sector posee cuevas y mesocavernas formadas por procesos de piping en los flancos de mesetas y en paredes de gargantas entalladas (= gullies) en la planicie inferior, con diversas geoformas. Se presentan notas biológicas sobre la fauna hallada en el interior de las cavidades (arañas Lycosidae, Araneidae y Uloboridae; isópodos Porcellionidae; diplópodos Julidae; coleópteros Tenebrionidae, Staphylinidae y Meloidae; avispas Sphecidae; sapitos Pelobatidae). Los principales rasgos geomorfológicos son ilustrados con fotografías.

Palabras clave: Geomorfología, Biología subterránea, Karst y cuevas en arcilla, Espeleología, Tubificación, Hidrogeología.

ABSTRACT

The work describes the exploration and study of a group of cavities, canyons and geoforms, located in the Rincón de las Canteras, La Blanca and the lower area of the Sorianos canyon (South zone of the White Bardena, Navarra). The cavities develop in clays and lutites ocher and red of the Tudela Formation (of Miocene, Tertiary age) and in Holocene clays. The sector has caves and mesocaverns formed by piping processes on the flanks of plateaus and in notched gorge walls (= gullies) in the lower plain, with various geoforms. Biological notes are presented on the fauna found inside the cavities (Lycosidae, Araneidae and Uloboridae spiders; Porcellionidae isopods; Julidae diplopods; Tenebrionidae, Staphylinidae and Meloidae beetles; Sphecidae wasps; Pelobatidae toads). The main geomorphological features are illustrated with photographs.

Keywords: Geomorphology, Subterranean Biology, Karst and caves in clay, Speleology, Piping, Hydrogeology.

INTRODUCCION

La región semidesértica de las Bardenas posee miles de cavidades en arcilla, una litología inusual para el desarrollo del karst, pero de gran interés científico por contener los mayores sistemas de simas y cuevas en arcilla hasta ahora conocidos a nivel global (Galán, 2015; Galán et al, 2017, 2018), con cavidades y geoformas asociadas al modelado del relieve local.

La región de las Bardenas cubre una superficie de 600 km² y presenta una extensa red de cañones y mesetas. Con infinidad de cavidades, sólo reconocibles mediante la prospección directa del terreno. Aunque muchas de ellas son de moderadas o pequeñas dimensiones (de sólo decenas de metros), cada tanto encontramos sistemas mayores de cuevas o simas cuyas características o dimensiones no se pueden conocer de antemano (ni mediante el empleo de sensores remotos). Sólo la ubicación de bocas de cuevas y la exploración y topografía de sus galerías subterráneas revelará sus principales características. De ahí el interés en seguir explorando nuevas zonas, como la abordada en este trabajo, ya que agrega información sobre los procesos de karstificación en arcilla, y ejemplos de nuevas cavidades individuales, sistemas hidrogeológicos y su fauna cavernícola.

En esta ocasión nuestro trabajo de prospección se dirigió al Rincón de las Canteras, barranco de La Blanca y un punto con depresiones localizado por análisis de foto aérea en la parte baja del barranco de los Sorianos (zona Sur de la Bardena Blanca). En el sector localizamos y exploramos un conjunto de cavidades, de diversos tipos: perforaciones hidrogeológicas en los flancos de la meseta, pequeñas cuevas y abrigos bajo solapas rocosas de caliza intercalados entre lutitas de la Formación Tudela (de edad Mioceno) y sistemas de simas interconectadas por mesocavernas en arcillas Holocenas, derivadas de la primera formación. Todas ellas se han formado por procesos de piping y erosivos. La fauna de los cañones, simas y cuevas incluye ejemplos curiosos de especies variablemente cavernícolas.

MATERIAL Y METODOS

En la prospección y exploración de cavidades se utilizaron frontales con iluminación de Leds y técnica de cuerda estática y jumars para verticales. Se efectuaron levantamientos topográficos con instrumental de precisión Suunto. Varias muestras de fauna fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Se tomaron fotos a color con una cámara digital Cannon, a fin de ilustrar los rasgos de las cavidades y la geomorfología de su entorno.

RESULTADOS

Las cavidades descubiertas se localizan en el flanco NE de la Plana de Sagasti (Rincón de las Canteras y La Blanca) y en un sector próximo al Sur de las Cabañas de Jiménez que comprende un tramo encañonado de la parte baja del barranco de Los Sorianos (zona Sur de la Bardena Blanca), en territorio de Navarra, a cotas entre 330 y 440 m snm. Se revisaron los flancos de la meseta (que presenta varios entrantes topográficos) y una serie de cañones y gullies que se extienden sobre la planicie inferior y que tributan sus cursos de agua temporales a barrancos inferiores afluentes del Barranco del Belcho.

Los materiales aflorantes en la ladera corresponden a lutitas ocres, blancas y rojas (con nivelitos espaciados de calizas y margas) de la Formación Tudela, Facies Tudela, de edad Aragoniense (Mioceno, Terciario continental). Constituyen la unidad litoestratigráfica 378, descrita por Faci Aparicio et al (2002) y SITNA Navarra, y cuya potencia alcanza los 100 m.

Litológicamente la unidad 378 está compuesta por arcillas limosas (de colores ocres, grises y rojizos), con intercalaciones espaciadas de capas calcáreas de espesores decimétricos a métrico. Los niveles calcáreos presentan texturas de tipo *grainstone* y grano fino. Pueden contener abundantes algas, bioclastos, intraclastos y proporciones variables de limos o lutitas terrígenas que les confieren un carácter margoso. Las capas de margocalizas, de espesor inferior a 1 m, suelen presentar fauna de lamelibranquios y gasterópodos. El conjunto de la unidad representa distintos episodios de sedimentación carbonatada en pequeños lagos de carácter relativamente efímero y salino, alternando con episodios en los que domina la sedimentación terrígena en ambientes de llanura lútfica aluvial, surcada localmente por pequeños canales fluviales sinuosos (Faci Aparicio et al, 2002).

Los fondos de valle sobre la planicie presentan materiales arcillosos Holocenos (unidad 527), con cantos, gravas, arenas y arcillas. Predominan las lutitas grises y ocres que contienen clastos de diferentes tamaños y naturaleza, incluso bloques. En menor medida, también se observan niveles de arenas. La naturaleza de los clastos varía según la procedencia, pero, en esta zona, suelen ser de areniscas de grano muy fino y algunas margocalizas. La potencia, casi nunca visible en su totalidad, se estima en 5 m. Sobre ellos aparecen recubriendo grandes áreas distintos glacis de cobertera, constituidos por depósitos poco consistentes de limos y arcillas con clastos de caliza muy angulosos, gravas y pequeños cantos rodados. Los glacis más recientes se encajan sobre los anteriores y sirven de enlace entre los taludes de las mesetas y los valles principales. Se caracterizan por tener pendientes del 2 a 5% y unos depósitos muy poco consistentes formados por limos y arcillas con clastos de caliza muy angulosos. Su cementación es escasa y también su potencia, casi siempre inferior a 2 m.

En el modelado actual, en general, la red de drenaje se encaja mediante procesos erosivos de incisión vertical, que van acompañados por el retroceso de las laderas de las mesetas y el desarrollo de cárcavas. Los procesos de piping intervienen continuamente, generando gargantas entalladas y cavidades subterráneas, a distintas escalas. El desarrollo de las mismas, así como el de los barrancos, están ligados a la acción torrencial propia de zonas en las que domina un clima semiárido, con lluvias escasas (350-400 mm/a) y un régimen hidrológico intermitente o temporal.

A continuación describiremos las cavidades encontradas y los principales rasgos geomorfológicos de su entorno, siguiendo de modo aproximado el orden seguido en su exploración desde el Rincón de las Canteras, La Blanca y Barranco de Jiménez (en este recorrido hay varios entrantes topográficos sobre el flanco NE de la meseta o Plana de Sagasti), y luego remontando la parte baja del Barranco de los Sorianos, al Sur de las Cabañas de Jiménez, hasta un punto encañonado y con depresiones en la cota 360 m, revisando también parte del borde N de la Loma de la Madera (situada entre ambos barrancos).

En estos recorridos de prospección fuimos encontrando pequeñas cavidades, de las que catalogamos cinco ejemplos, por poseer dimensiones algo mayores y/o rasgos significativos, dando una visión general de los restantes casos.

La meseta o Plana de Sagasti posee en su parte NE dos entrantes topográficos denominados de W a E: Rincón de las Canteras y La Blanca, este último sobre el Barranco de Jiménez. Más al E, tras la prolongación N de la Loma de la Madera, se localiza el Barranco de Los Sorianos, cuya cabecera remonta hacia las mesetas de las Nasas.

En las laderas del Rincón de las Canteras y La Blanca la escorrentía ha labrado infinidad de surcos y pequeñas cárcavas. En este proceso ha dejado en relieve positivo estratos métricos horizontales de caliza margosa. Bajo estos estratos duros se han formado abrigos, por socavación basal, pero sin cavidades de importancia. En los entrantes del talud, al pie de las laderas, también se han formado en algunos puntos pequeñas cuevas y perforaciones excavadas por procesos de piping. La más significativa es la que catalogamos como Rincón de las Canteras 01. Cabe señalar el hallazgo en los abrigos y cuevas del sector de ejemplares de arácnidos Lycosidae, Araneidae y Uloboridae, isópodos Porcellionidae, diplópodos Julidae, coleópteros Tenebrionidae, Meloidae y Staphylinidae, avispas Sphecidae, sapos Pelobatidae, conchas de gasterópodos y restos óseos de musarañas Soricidae.

Cueva Rincón de las Canteras 01.

Situación: A 1,5 km al SSW de la Cabaña de Zapata.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.861; E 628.662; Altitud 352 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +4 m; Desarrollo espacial: 18 m. Figuras 01 á 05.

Descripción: Se localiza en un pequeño entrante formado en la base del talud de la meseta, al alcanzar la planicie. El drenaje de una cárcava superior ha perforado la serie de lutitas Miocenas formando una galería de 12 m de largo (con dos salas y pequeños laterales internos). El relieve sobre la galería presenta dos claraboyas accesibles y pipes menores sobre los coluviones de la ladera. La boca inferior es una abertura de escaso diámetro (0,6 m) mientras que la boca superior tiene 1,5 m de ancho. Aparte de dos claraboyas penetrables hay otros conductos de débil diámetro. El drenaje, temporal, discurre lateralmente bajo pipes inferiores, más húmedos, y no emerge por la boca inferior sino a través de un relleno de bloques colapsados.

El interior de la galería principal es relativamente seco, con mayor humedad en los pipes inferiores. Sobre el suelo y bloques de la galería hay finos recubrimientos de espeleotemas aciculares de yeso.

Fauna: en el interior de la cueva encontramos un sapito de espuelas *Pelobates cultripes* (Pelobatidae); restos óseos (maxilas, mandíbulas, fragmentos de huesos largos) de dos especies de musarañas: *Suncus etruscus* y *Crocidura russula* (Soricidae); araneidos *Argiope lobata* (Araneidae); isópodos *Porcellio laevis* (Porcellionidae); diplópodos *Julus terrestris* y *Ommatoiulus rutilans* (Julidae); coleópteros *Blaps lusitanica* (Tenebrionidae), *Meloe autumnalis* (Meloidae), *Ocypus olens* (Staphylinidae); así como diversos dípteros y colémbolos Onychiuridae no identificados.

En otros abrigos y pequeñas cuevas bajo solapas rocosas del mismo sector volvimos a encontrar coleópteros *Blaps lusitanica* (Tenebrionidae), nidos de avispa alfarera *Sceliphron spirifex* (Sphecidae), y conchas de caracoles epigeos *Otala punctata* e *Iberus gualterianus alonensis* (Helicidae).

Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 01.

Situación: A 350 m al Sur de las Cabañas de Jiménez.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.668.168; E 630.720. Altitud 334 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +7 m; Desarrollo espacial: 10 m. Figuras 06 á 08.

Descripción: Se localiza en el inicio de un tramo encañonado del barranco de Los Sorianos, al pie de la pared E, de 7 m de altura. Consta de una boca muy visible, subcuadrangular, de 2 m de alto y ancho. Un corto tramo sinuoso da paso a una salita con una sima-claraboya de +7m que comunica con el plano superior de la planicie. Cavidad seca, de suelo pulverulento.

Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 02.

Situación: A 630 m al SSE de la Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 01.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.536; E 630.940; Altitud 347 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +10 m; Desarrollo espacial: 14 m. Figuras 09 á 12.

Descripción: La boca se abre en la base de la pared E del cañón, en un entrante con bloques de colapso. La boca es alta y triangular (4 m de alto x 1,5 m de ancho). Como la cavidad anterior, tiene un perfil en "L": Una corta galería horizontal, se estrecha progresivamente, y asciende en su parte final en alta chimenea que comunica con el plano superior.

Fauna: en la zona de entrada el suelo presenta numerosos hoyuelos excavados por avispas Sphecidae o Ichneumonidae, para guardar presas y/o poner huevos junto a presas de las cuales se alimentarán las larvas, respectivamente. También encontramos conchas de caracoles *Otala punctata* e *Iberus gualterianus* (Helicidae), numerosos diplópodos *Cylindroiulus caeroleocinctus* (Julidae), araneidos *Argiope lobata* (Araneidae) y *Uloborus walckenaerius* (Uloboridae).

Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 03.

Situación: A 280 m al Sur de la Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 02.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.257; E 630.920; Altitud 350 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +12 m; Desarrollo espacial: 40 m. Figuras 13 á 18.

Descripción: Se trata de un sistema de depresiones-simas (en parte abiertas a la pared E del cañón) localizadas sobre un entrante topográfico elevado +4 m sobre el suelo del cañón. Hay varios arcos de roca y ventanas entre depresiones contiguas y una red de mesocavernas y conductos inferiores. La depresión mayor, subcircular, alcanza 4 m de diámetro y -12 m de desnivel, pero se puede descender destrepando por un costado hacia su interior, donde una galería descendente conduce el drenaje temporal y comunica con una boca inferior en la base del cañón.

Fauna: encontramos un ejemplar grande de araña *Hogna radiata* (Lycosidae) y otros ejemplares de *Argiope lobata* (Araneidae); isópodos *Porcellio haasi* (Porcellionidae); diplópodos *Cylindroiulus caeroleocinctus* (Julidae); coleópteros *Meloe autumnalis* (Meloidae), *Ocypus olens* (Staphylinidae); así como diversos dípteros.

En el cañón exterior, hacia el cual desaguan las depresiones-simas y la cueva inferior, hay también otras cavidades menores colgadas a distintas alturas, simas-cuevas con perfil en "L", mesocavernas y pipes menores. En los sedimentos de las orillas del cauce seco son frecuentes las conchas de caracoles y ejemplares muertos y secos de diplópodos *Cylindroiulus caeroleocinctus*.

Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 04.

Situación: A 165 m al SW de la Cueva Cañón Norte de Los Sorianos 03.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.28; E 630.812; Altitud 360 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +6 m; Desarrollo espacial: 20 m. Figuras 19 y 20.

Descripción: Se localiza en un cañón afluente que asciende hacia el SW, algo más al Sur que la cavidad anterior, y que forma en su cabecera una estrecha ganganta sobre el flanco de la Loma de la Madera. Esta garganta se interrumpe y está limitada en su parte superior por paredes verticales de -4 m de desnivel. Su fondo está recorrido a lo largo de 16 m por una galería de 1 m de diámetro y pipes menores los cuales forman túneles sucesivos bajo y entre bloques de colapso en el fondo del gully. El cauce es húmedo. En su interior se encontraron conchas de caracoles e isópodos *Porcellio haasi* (Porcellionidae).

Las cinco cavidades catalogadas totalizan un desarrollo espacial de galerías de 102 m. Pero puede comprenderse que si se computaran los desarrollos de las cavidades menores (más de 20 observadas), esta cifra se duplicaría con facilidad.

NOTAS BIOLÓGICAS

Aunque existe gran número de abrigos y pequeñas cavidades, sólo adquieren cierta magnitud los cinco fenómenos descritos, que catalogamos como cavidades. Estas, no obstante, son cuevas y simas muy superficiales, con amplias zonas iluminadas o en penumbra, reduciéndose la zona oscura a parte de la primera cueva y galerías inferiores de escaso diámetro del sistema del Cañón Norte de Los Sorianos 03. La fauna hallada comprende varias especies de invertebrados y vertebrados variablemente cavernícolas; cinco de ellas pueden ser consideradas troglófilos. Un listado de las especies encontradas es presentado en la Tabla 1.

Tabla 1. Lista de las especies identificadas, con indicación de su categoría ecológica. Suma 21 taxa (5 troglófilos, 16 troglógenos o epígeos).

| Grupo | Familia o grupo superior | Especie | Categoría ecológica |
|-------------|--------------------------|---|---------------------|
| Gastropoda | Helicidae | <i>Iberus gualterianus</i> Linneo | Troglógeno |
| Gastropoda | Helicidae | <i>Otala punctata</i> (Müller) | Troglógeno |
| Araneida | Lycosidae | <i>Hogna radiata</i> (Latreille) | Troglógeno |
| Araneida | Araneidae | <i>Argiope lobata</i> (Pallas) | Troglófilo |
| Araneida | Uloboridae | <i>Uloborus walckenaerius</i> Latreille | Troglógeno |
| Isopoda | Porcellionidae | <i>Porcellio haasi</i> Arcangeli | Troglófilo |
| Isopoda | Porcellionidae | <i>Porcellio laevis</i> Latreille | Troglófilo |
| Diplopoda | Julidae | <i>Julus terrestris</i> Linnaeus | Troglógeno |
| Diplopoda | Julidae | <i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (Wood) | Troglófilo |
| Diplopoda | Julidae | <i>Ommatoiulus rutilans</i> (Koch) | Troglófilo |
| Collembola | Onychiuridae | Ind. | Troglógeno |
| Diptera | Mycetophilidae | Ind. | Troglógeno |
| Diptera | Culicidae | Ind. | Troglógeno |
| Coleoptera | Tenebrionidae | <i>Blaps lusitanica</i> (Herbst) | Troglógeno |
| Coleoptera | Meloidae | <i>Meloe autumnalis</i> Olivier | Troglógeno |
| Coleoptera | Staphylinidae | <i>Ocypus olens</i> Müller | Troglógeno |
| Hymenoptera | Sphecidae | <i>Sceliphron spirifex</i> (Linnaeus) | Troglógeno |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Ind. | Troglógeno |
| Anura | <i>Pelobatidae</i> | <i>Pelobates cultripes</i> Cuvier | Troglógeno |
| Insectivora | Soricidae | <i>Suncus etruscus</i> Savi | Troglógeno |
| Insectivora | Soricidae | <i>Crociodura russula</i> Hemann | Troglógeno |

La mayoría de las especies halladas pueden considerarse epígeas o troglógenos, que han penetrado accidentalmente a través de las simas o bien frecuentan las bocas y galerías internas de las cuevas en busca de humedad y sombra, alimento, o como lugar de refugio temporal, descanso y/o reproducción. Por sus características biológicas, ciclo de vida y su repetido hallazgo en cavidades similares de la región de las Bardenas, consideramos que varias especies (de araneidos, isópodos y diplópodos) pueden ser incluidos en la categoría ecológica de cavernícolas troglófilos (capaces de completar su ciclo de vida en el medio hipógeo), aunque también pueden ser hallados en biotopos crípticos de superficie. Veremos ésto a continuación, con mayor detalle.

Entre los vertebrados, hemos hallado restos óseos de dos especies de pequeñas musarañas Soricidae en una de las cavidades (Rincón de las Canteras 01). La disposición de los restos en un lateral interno de una sala a 4 m de la boca inferior, sugiere que no se trata de material arrastrado desde el exterior, sino de ejemplares que frecuentaban la cavidad y murieron en su interior. Es probable que frecuenten la zona de entrada de muchas otras cavidades, pero por sus hábitos nocturnos son difíciles de ver de día, durante nuestras prospecciones. En la misma cavidad, en una galería colectora húmeda inferior, encontramos un ejemplar vivo del sapito de espuelas *Pelobates cultripes*, que o bien ha acudido al sitio en busca de humedad y sombra, o bien para alimentarse de otros invertebrados (en la cueva son abundantes los dípteros, araneidos, isópodos, diplópodos, coleópteros y colémbolos edáficos).

Los invertebrados no-artrópodos están representados por dos especies de caracoles terrestres Helicidae frecuentes en la región, particularmente en zonas con romerales y en áreas de cultivo. No encontramos ejemplares vivos sino sus conchas, también frecuentes en los sedimentos de la planicie y sus barrancos, por lo que se trata de material arrastrado, dado los hábitos fitófagos de estas especies.

Los artrópodos incluyen tres especies de arañas. *Argiope lobata* (Araneidae) es una araña de 12-18 mm de talla que construye telas en la zona de entrada y primera parte de la zona oscura de muchas cuevas, para la captura sobre todo de dípteros, aunque también habita entre la vegetación arbustiva de superficie; la presencia de juveniles y adultos sugiere que se trata de una especie troglófila, frecuente en cuevas de la región. *Uloborus walckenaerius* (Uloboridae) es una especie epigea, de 4-7 mm de talla, que vive en lugares secos y construye fuertes telas de caza, con las que envuelve a sus presas largo tiempo, ya que no posee glándulas venenosas. *Hogna radiata* (Lycosidae) es una especie de mayor talla (18-25 mm), del grupo de las arañas-lobo (al cual pertenecen también las grandes tarantulas); es frecuente en terrenos arenosos o pedregosos en gran parte del sur de Eurasia y N de África, donde se esconde de día bajo piedras y deambula de noche en busca de presas; es una especie cazadora, muy voraz, que se alimenta de ortópteros, dípteros, otras arañas y pequeños artrópodos; su ocurrencia en la cueva 03 del Cañón de las Bodegas, así como la de la especie de Uloboridae en la cueva 02, pueden considerarse una frecuentación accidental de cuevas, ya que sus biotopos y presas típicos se encuentran entre la vegetación de superficie.

Los dípteros que hemos podido observar son troglógenos, pertenecientes a las familias Culicidae y Mycetophilidae, y utilizan las cuevas y abrigos como lugar de descanso diurno o estacional. Hay otras especies y familias de dípteros, no-identificados.

Los coleópteros incluyen tres especies, en tres familias distintas: *Blaps lusitanica* (Tenebrionidae), *Meloe autumnalis* (Meloidae) y *Ocypus olens* (Staphylinidae). Todas ellas son formas troglógenas. Las dos primeras especies carecen de la capacidad de vuelo, mientras que la tercera, aunque puede volar raramente lo hace.

B.lusitanica es de talla grande (17-30 mm), color negro, cuerpo alargado-ovalado y convexo; de movimientos lentos, lucífugo y ordinariamente nocturno; por lo general habita en madrigueras de pequeños mamíferos, galerías de mina, entradas y zonas de penumbra de cuevas u otras oquedades del terreno, aunque también se la encuentra en el campo, debajo de piedras, detritos diversos o al pie de las plantas. De noche suele deambular por el suelo en las proximidades de sus refugios diurnos; sus hábitos alimentarios son detritívoros, y se alimenta de restos vegetales en descomposición; al capturarlos emiten una secreción cáustica, de olor desagradable.

Meloe autumnalis es también de color negro, 10-12 mm de talla, y morfología muy curiosa, con cabeza y tórax pequeños, élitros muy reducidos y abdomen voluminoso. Su historia natural es también curiosa, ya que su desarrollo larvario es complejo, asociado a la condición de parasitoides. Los adultos son fitófagos y su abdomen está adaptado para contener y poner muchos huevos, ya que pocas larvas llegan a adultos. Las hembras depositan centenares de huevos en el suelo; las larvas recién nacidas trepan a las plantas a la espera de alguna abeja a la cual se fijan (foresis) para ser transportadas hasta la colmena, donde se alimentan de los huevos y larvas de las abejas hasta alcanzar la fase adulta. Los adultos tienen un mecanismo de defensa ante los depredadores, por segregación de una sustancia irritante (cantaridina), que tiene aplicaciones médicas y farmacológicas.

Ocypus olens es un estafilínido muy conocido, negro, de cuerpo alargado y hasta 20-30 mm de talla. Es un depredador, de hábitos nocturnos, que se alimenta de muy diversos invertebrados (lombrices, arañas, isópodos, así como carroña). Cuando se ve amenazado arquea y levanta su abdomen como un escorpión a la vez que abre sus potentes mandíbulas en forma de pinza; aunque no tiene aguijón, puede dar una dolorosa mordida; también emite un olor fétido, mediante una secreción defensiva de un par de glándulas blancas situadas al final de su abdomen. Las larvas son también carnívoras, viven en gran parte bajo tierra, y se alimentan de presas similares a los adultos. Frecuenta las zonas húmedas de depresiones y simas con fauna y/o restos orgánicos, donde probablemente los adultos hayan puesto sus huevos.

Con frecuencia encontramos en la entrada de cavidades y abrigos de la región numerosos hoyuelos cónicos excavados en suelos con materiales arcillosos finos y pulverulentos. Estos no corresponden a goteos, sino a la excavación por avispa Sphecidae o Ichneumonidae de agujeros o cámaras donde entierran a sus presas para comérselas después (Coville, 1987; Bohart & Menke, 1976). También hallamos en abrigos bajo rebordes rocosos nidos de barro de la avispa alfarera *Sceliphron spirifex* (Sphecidae), tanto adosados al techo de estratos de caliza de los abrigos y entrada de cuevas, como unidos a ramas de arbustos fuertes. Estos nidos contienen varias celdas tubulares, donde meten los huevos junto a presas adormecidas con su veneno (principalmente arañas y/u otros insectos) y taponan el nido con barro. Las larvas son carnívoras y al nacer se alimentan de las presas dejadas. Los adultos de la especie, de 15-25 mm de talla y cuerpo negro con un pecíolo largo y amarillo, se alimentan en cambio de néctar (Coville, 1987). Otros hoyuelos en los suelos son también excavados por especies no identificadas de avispa Ichneumonidae.



Figura 01. Zonas de La Blanca y Rincón de Las Canteras, con relieve de surcos y cárcavas sobre los fanos de las mesetas y abrigos formados bajo estratos duros de calizas y margas intercalados en la serie arcillosa.



Figura 02. Relieve cárcevas en el sector del Rincón de Las Canteras, con zonas vegetadas y barrancos inferiores sobre la planicie. Numerosos abrigos se forman bajo estratos métricos de caliza intercalados en la serie arcillosa.



Figura 03. Boca inferior de la cueva de Rincón de las Canteras 01 y galería interna principal.



Figura 04. Cueva Rincón de las Canteras 01. Detalle de laterales y crecimientos de espeleotemas aciculares de yeso.



Figura 05. Vista de la galería principal hacia la boca inferior y claraboyas de la cueva del Rincón de las Canteras 01.



Figura 06. Remontando desde las Cabañas de Jiménez hacia el primer tramo encañonado del barranco de Los Sorianos y vista desde la planicie hacia la primera cueva del Cañón de Los Sorianos.



Figura 07. Boca inferior de la cueva del Cañón de los Sorianos 01 y claraboya de +7 m vista desde la sala terminal.



Figura 08. Boca inferior de la cueva del Cañón de Los Sorianos 01 y numerosos conductos de piping y mesocavernas que perforan las paredes del cañón, con distintas morfologías.



Figura 09. Mesocavernas y abrigos colgados en las paredes del Cañón de Los Sorianos.



Figura 10. Vistas de la boca de la cueva del Cañón de Los Sorianos 02, desde el interior y exterior.



Figura 11. Claraboya terminal y galería lateral en la cueva Cañón de Los Sorianos 02.



Figura 12. Hoyuelos excavados por avispas *Ichneumonidae* o *Sphecidae* en la boca de la cueva 02 del Cañón de Los Sorianos y pequeñas cavidades colgadas a distintas alturas en la continuación superior del cañón.



Figura 13. Excavación basal y colapsos en las paredes del cañón. Estos procesos erosivos destruyen cavidades formadas por procesos de pipping. Los materiales colapsados van siendo removidos por las crecidas hidrológicas.



Figura 14. Cueva Cañón Norte de los Sorianos 03. Constituye un conjunto de depresiones-simas interconectadas por pipes inferiores, con drenaje hacia el cañón. Su interior presenta ventanas y arcos de roca entre depresiones.



Figura 15. Interior de la depresión mayor de la cueva 03 con galerías inferiores y ventana de comunicación con depresiones contiguas de la parte superior del sistema.



Figura 16. Descendiendo la sima inferior del sistema 03 de depresiones-simas del Cañón Norte de Los Sorianos.



Figura 17. Galería y boca inferior de la cueva Cañón Norte de Los Sorianos 03, abierta al talweg del cañón.



Figura 18. Continuación superior del cañón sobre la cueva 03, donde se amplía. Se aprecian otras depresiones-simas parcialmente colapsadas y abiertas al cañón.



Figura 19. Rama ascendente de un cañoncito más entallado, en cuya parte superior se ha formado la cueva 04, constituida por tubos sucesivos excavado en su base, con aberturas bajo bloques de colapso (flechas rojas).



Figura 20. Zona del Cañón Norte de Los Sorianos donde abre la cueva 03 (centro de la imagen superior) y detalle de la coloración de las lutitas de la Formación Tudela, de edad Mioceno, Terciario.

Las especies troglófilas halladas comprenden también isópodos terrestres y diplópodos. Los primeros incluyen dos especies próximas, *Porcellio laevis* Latreille y *Porcellio haasi* Arcangelli (Porcellionidae), ambas citadas previamente para la región de las Bardenas del medio epígeo (Cifuentes, 1984). Alcanzan tallas de 10-12 mm y son de hábitos omnívoros y micrófagos, pudiendo alimentarse de todo tipo de restos orgánicos. Además de encontrarse en cuevas son frecuentes deambulando en el cauce de los cañones y pequeñas cavidades de sus paredes. Pueden reproducirse en las cavidades y mesocavernas y completar su ciclo de vida en ellas si el alimento es abundante. Aunque igual pueden efectuar desplazamientos y frecuentar el medio epígeo del fondo de los cañones. *P.laevis* parece tener una distribución en zonas más áridas, habiendo sido encontrada en cuevas y cañones en el Rincón del Bu, mientras que *P.haasi* ocupa zonas más vegetadas, habiendo sido encontrada en la zona de La Estroza (cuevas del Bojacar) y zona de las Nasas (simas de Tripa Azul).

Los diplópodos hallados comprenden tres especies de júlicos, dos de ellas troglófilas y una troglóxena. Los júlicos en general son detritívoros y herbívoros. En suelos arenosos, pobres en nutrientes y poco húmedos, reemplazan por completo a las lombrices en la producción de humus. *Julus terrestris* Linnaeus es un milpiés propio de ambientes secos con matorral mediterráneo y flora gipsófila, siendo frecuente en los barrancos. Alcanza hasta 5 cm de talla, con 45-52 segmentos y entre 72 y 102 pares de patas. Su presencia en cuevas puede considerarse accidental o limitada al fondo iluminado de depresiones-simas.

Las otras dos especies son troglófilas y han sido halladas en otras cuevas de la región de las Bardenas (flancos de la meseta de La Estroza: cuevas del Bojacar y la Estroza Norte). *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood) es de cuerpo ancho, 20-30 mm de talla, y coloración marrón-oscuro con bordes bronceados. *Ommatoiulus rutilans* (Koch) alcanza hasta 5 cm de talla y es de color marrón oscuro a rojizo. Estas especies utilizan el ambiente húmedo de las cuevas como lugar de descanso y protección ante la aridez de superficie, donde eventualmente encuentran algunos recursos tróficos (raicillas y restos vegetales aportados por las crecidas, materia orgánica vegetal que ha caído a las simas y eventualmente hongos); juegan un importante papel en la fragmentación de la hojarasca (Blower, 1985; Spelda, 2015). Las hembras de *O.rutilans* una vez fecundadas acostumbran enterrar sus huevos en galerías del suelo. Creemos que estas especies, sin modificaciones especiales para la vida hipógea, si encuentran recursos tróficos suficientes, utilizan las cuevas como lugar adecuado para la reproducción y puesta de sus huevos.

En la cueva 01 del Rincón de las Canteras encontramos también colémbolos Onychiuridae, no-identificados, depigmentados y anoftalmos, de pequeña talla (en torno a 1 mm) y cortas antenas. Los Onychiuridae son considerados más guanobios o detritícolos que verdaderos cavernícolas, aunque hay especies troglobias. Muchas especies son halladas tanto en superficie como en cuevas, y se consideran cavernícolas de origen reciente, derivados de formas humícolas que llevan en la superficie del suelo el modo de vida característico de los primitivos colémbolos (Galán, 1993). Cabe señalar que la anoftalmia es típica en todos los representantes de la familia, sean epígeos o hipógeos. Por las características de esta cavidad, de modestas dimensiones, nos inclinamos a pensar que la especie hallada es más bien una forma troglóxena, propia del medio edáfico.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aunque ha sido expuesto en otros trabajos, cabe indicar que las lutitas de la Formación Tudela poseen altos valores de sodio intercambiable y cambian sus propiedades físicas según su estado de hidratación, aumentando su volumen hasta un 12% en estado húmedo y contrayéndose en estado seco, produciendo de este modo agrietamientos (Marín & Desir, 2010). La escorrentía se canaliza entonces por las grietas hacia el interior del sedimento. La disolución del sodio a nivel intergranular desflucula las arcillas y acelera su pérdida de coherencia, produciendo cierto grado de desagregación que permite actuar al proceso de tubificación o piping. Los flujos de infiltración generan conductos subterráneos tubulares (pipes), los cuales conducen el drenaje y evolucionan excavando volúmenes mayores de roca, generando de este modo simas y cuevas.

El proceso de piping actúa de forma general por remoción de partículas en materiales granulares y rocas poco solubles. En su forma pura el piping es el extremo teórico de un espectro espeleogenético, con 100% de disolución kárstica en el extremo opuesto (Parker & Higgins, 1990; Halliday, 2004). Entre ambos extremos hay situaciones intermedias, donde la disolución y el piping pueden actuar juntos, en variables proporciones, existiendo un continuo entre cuevas de tubificación y de disolución, en rocas de distintas solubilidades. En los materiales arcillosos de las Bardenas estos procesos están ampliamente extendidos, pudiéndose hablar de la existencia de un auténtico karst en arcilla. Sólo que muy distinto al karst clásico en caliza, tanto por la litología de los materiales como por la importancia que revisten los procesos de piping y erosivos, los cuales comandan el modelado regional.

En el sector estudiado, la escorrentía superficial ha excavado preferentemente una red de surcos y cárcavas sobre los flancos, así como pequeños cañones entallados en la planicie inferior. Bajo los estratos de margas y caliza intercalados en la serie arcillosa, se forman con frecuencia abrigos poco profundos y también algunas pequeñas cuevas. En los bordes de los cañones más amplios, en cambio, aprovechando las diferencias de potencial hidráulico entre distintos puntos, los procesos de piping excavan conductos verticales, que tienden luego a organizar una red de drenaje subterráneo, con desagüe hacia los puntos bajos de surgencia en los talwegs. Las cavidades se amplían en superficie conformando depresiones, mientras prosigue la remoción de materiales arcillosos a través de pipes inferiores. El desarrollo de este proceso conduce a formar sistemas de simas y depresiones anastomosadas, con drenaje inferior hacia el fondo de los barrancos.

Las cavidades exploradas en este sector de las Bardenas ejemplifican estos rasgos. Aunque todas ellas son de moderadas o pequeñas dimensiones, con predominio de zonas en penumbra, sus galerías (incluyendo mesocavernas) suman cientos de metros.

Por todo ello estas cavidades constituyen un hábitat subterráneo extenso, que puede servir de refugio a una amplia variedad de invertebrados y vertebrados de hábitos variablemente cavernícolas, los cuales buscan la humedad y la sombra bajo las inclementes condiciones climáticas del desierto. El trabajo aporta datos biológicos sobre 21 taxa distintos (cinco de ellos formas troglófilas) así como observaciones sobre su ecología e historia natural.

A la vez contribuye con nuevos ejemplos de cavidades en arcillas y lutitas (una litología inusual para el desarrollo del karst), así como con detalles de interés científico sobre la biología y geomorfología de la región semidesértica de las Bardenas.

AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros y colaboradores que nos acompañaron en prospecciones anteriores efectuadas en la región de las Bardenas. A dos árbitros de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, por la revisión crítica del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Blower, J.G. 1985. Millipedes: Keys and Notes for the Identification of the Species. Synopses of the British Fauna. Linnean Society of London.
- Bohart, R.M. & A.S. Menke. 1976. Sphecid wasps of the world: A generic revision. Berkeley: University of California Press. 694 pp.
- Cifuentes Colmenero, J. 1984. Isópodos terrestres (Crust. Oniscoidea) de Navarra. Bol. Asoc. Esp. Entm., 8: 233-252.
- Coville, R.E. 1987. Spider-hunting sphecid wasps. In: Nentwig W. (ed). Ecophysiology of Spiders. Berlin; New York: Springer-Verlag. 309-319.
- Faci Paricio, E.; G. Galán Pérez; A. García de Domingo; P. Cabra Gil; J. González Lastra & G. Díaz Pinto. 2006. Memoria de la Hoja 283-I Portillo de Santa Margarita. Cartografía Geológica de Navarra, escala 1: 25.000. Gobierno de Navarra. 82 pp.
- Galán, C. 1993. Fauna Hipógea de Gipuzkoa: su ecología, biogeografía y evolución. Munibe (Ciencias Naturales), S.C.Aranzadi, 45 (número monográfico): 1-163. (Reedición digital 2000 en PDF, Página Web S.C.Aranzadi).
- Galán, C. 2015. Sistemas de cuevas en arcilla de 880 m de desarrollo explorado (Bardena Negra). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 55 pp.
- Galán, C.; M. Nieto; I. Herraiz; D. Arrieta & J. Forstner. 2017. Cuevas en arcilla en el cañón de Las Bodegas (Bardena Blanca). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 54 pp.
- Galán, C.; M. Nieto & J. Forstner. 2018. Notas sobre técnicas de exploración de cuevas en arcilla en la región semidesértica de las Bardenas. Publ. Dpto. Espeleo. S.C.Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 37 pp.
- Halliday, W.R. 2004. Piping caves and Badlands pseudokarst. In: Gunn, J. Ed. Encyclopedia of Caves and Karst Science. Taylor & Francis Books, London: 1260-1268.
- Marín, C. & G. Desir. 2010. Procesos de erosión en una zona de clima semiárido de la depresión del Ebro (Bardenas Reales, NE de España). Rev. C. & G., 24 (3-4), 63-72.
- Parker, G. & C. Higgins. 1990. Piping and pseudokarst in drylands. In: Higgins, C.G. & D.R. Coates, Eds. 1990. Groundwater geomorphology: The role of subsurface water in earth-surface processes and landforms. Geol.Soc.America, Special Paper 252.
- Spelda, J. 2015. Orden Julida. Ibero Diversidad Entomológica (Sociedad Entomológica Aragonesa) (27 A): 1-18.