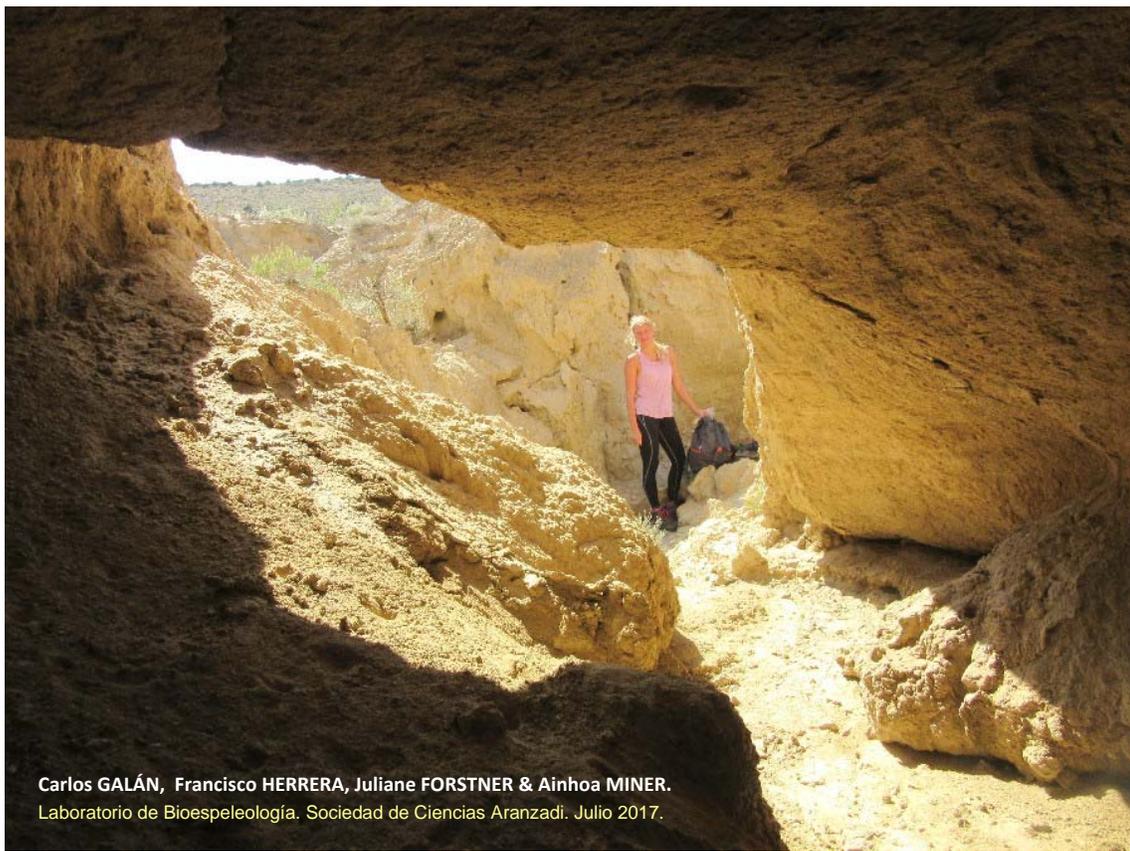


TÚNELES Y CAVIDADES DE PIPING EN ARCILLAS MIOCENAS EN LA PARTE CENTRAL DEL BARRANCO DE LOS SORIANOS - LOMA DE LA MADERA (BARDENAS).

Tunnels and caves of piping in Miocene clays in the central part of Los Sorianos Ravine - Wood Hill (Bardenas).



Carlos GALÁN, Francisco HERRERA, Juliane FORSTNER & Ainhoa MINER.
Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Julio 2017.

TÚNELES Y CAVIDADES DE PIPING EN ARCILLAS MIOCENAS EN LA PARTE CENTRAL DEL BARRANCO DE LOS SORIANOS - LOMA DE LA MADERA (BARDENAS).

Tunnels and caves of piping in Miocene clays in the central part of Los Sorianos Ravine - Wood Hill (Bardenas).

Carlos GALÁN, Francisco HERRERA, Juliane FORSTNER & Ainhoa MINER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Julio 2017.

RESUMEN

Se describen nuevos ejemplos de cavidades en arcilla explorados en la cabecera del Barranco de Valfondo, Loma de la Madera y parte central del Barranco de Los Sorianos, en la Bardena Negra. La región, semidesértica, está situada en el Sur de Navarra y en ella se desarrollan sistemas de cavidades en arcillas grises con niveles de caliza de la Formación Tudela, de edad Mioceno (Terciario). En torno a una red dendrítica de barrancos se han formado cavidades por procesos de piping o tubificación en arcillas dispersivas ricas en sales de sodio. El trabajo aporta nuevos ejemplos de cuevas y túneles que perforan las paredes festoneadas de barrancos encañonados, entre depresiones y gullies, agregando datos de interés geomorfológico.

Palabras clave: Espeleología física, Karst, Cuevas en arcilla, Piping, Hidrogeología, Geomorfología.

ABSTRACT

New examples of clay cavities are described, explored at the headwaters of the Valfondo Ravine, Wood Hill and central part of Los Sorianos Ravine, in the Black Bardena. The semi-desert region is located in the south of Navarre and it develops systems of cavities in gray clays with levels of limestone of the Tudela Formation, of Miocene age (Tertiary). Around a dendritic network of ravines have been formed cavities by piping processes in dispersive clays rich in sodium salts. The work provides new examples of caves and tunnels that drill the scalloped walls of notched gorges between depressions and gullies, adding data of geomorphological interest.

Keywords: Physical Speleology, Karst, Caves in clay, Piping, Hydrogeology, Geomorphology.

INTRODUCCION

Como continuación de otros trabajos sobre cuevas en arcilla en la región de Las Bardenas (Sur de Navarra), en esta nota aportamos los resultados obtenidos en un área contigua a otras exploradas previamente (Galán, 2015; Galán et al, 2015, 2016, 2017), las cuales presentaron sistemas de simas y cuevas que alcanzan 880 m de desarrollo y desniveles de hasta -100 m, estando entre las mayores cavidades conocidas a nivel global para esta litología. De ahí nuestro interés en prospectar nuevos sectores.

Las cuevas en arcilla son extraordinariamente raras a nivel mundial, por formarse en materiales arcillosos poco consistentes y poco solubles, y por lo tanto poco susceptibles de experimentar procesos de karstificación y generar cavidades (simas y cuevas) a escala humana (macro cavernas). La formación de cavidades en este tipo de terrenos ocurre por procesos de piping o tubificación, con variable intervención de la disolución.

La región explorada presenta sectores con gran número de cuevas-túneles y pequeñas cuevas y simas que perforan las paredes de depresiones y barrancos entallados o gullies, con numerosos conductos de piping, los cuales conducen el drenaje subterráneo temporal hacia los puntos más bajos de los talwegs, que actúan como niveles de base locales.

Cabe señalar que la tubificación o piping consiste en una remoción de partículas de la roca por flujos canalizados de aguas subterráneas en materiales granulares y rocas poco solubles (Parker & Higgins, 1990; Dunne, 1990). En su forma pura el piping es el extremo teórico de un espectro espeleogenético, con 100% de disolución kárstica en el extremo opuesto. Entre ambos extremos hay toda una gama de situaciones intermedias, donde disolución y piping pueden actuar juntas, en variables proporciones (Halliday, 2004), existiendo un continuo entre cuevas de tubificación y cuevas de disolución, en rocas de distintas solubilidades.

Las morfologías observadas en las cavidades exploradas muestran rasgos atribuibles a la continua creación de nuevos conductos o pipes, verticales y horizontales. Las arcillas dispersivas ricas en sales de sodio de la Formación Tudela tienen una alta tendencia al agrietamiento, a la vez que una consistencia cohesiva, con elevados coeficientes de hinchamiento. La circulación temporal de las aguas subterráneas infiltradas propicia la remoción de materiales y la ampliación de los conductos, pero a la vez genera colapsos y deriva hacia la génesis de gullies, depresiones y badlands, dando lugar a un modelado peculiar. El gradiente hidráulico y la litología de los materiales arcillosos determinan un comportamiento altamente dinámico y complejo en sus detalles.

MATERIAL Y METODOS

Las prospecciones efectuadas en este sector de las Bardenas se basaron en observaciones de campo de salidas previas y en la consulta de foto aérea y cartografía digital. En labores de topografía se utilizó instrumental Suunto (brújula y clinómetro) y cinta métrica. En las exploraciones se utilizaron frontales con iluminación de Leds y técnicas verticales de cuerda estática y jumars. Se tomaron fotografías con una cámara Canon a fin de ilustrar las principales características de las cavidades y su entorno.

RESULTADOS

Los terrenos aflorantes en el área de estudio son parte de la Formación Tudela (de edad Mioceno) y están constituidos por una espesa secuencia de arcillas grises y ocres con niveles intercalados de calizas y margas (unidades litoestratigráficas 396 y 378, en: Faci Aparicio et al, 2006; y Cartografía Geológica de Navarra - SITNA). Estos sedimentos arcillosos corresponden al denominado piso Aragoniense, cuya edad engloba un intervalo de tiempo de entre 17 y 11 millones de años antes del presente. Los cauces de los barrancos inferiores poseen también rellenos detríticos aluviales-columiales, de edad Holoceno, que incluyen bloques colapsados de las laderas. En estos depósitos resulta difícil discriminar entre la parte derivada de un origen fluvial y la que posee un origen gravitacional. La región de las Bardenas constituyó una cuenca endorreica, de 600 km². Su parte basal reposa sobre una espesa secuencia de arcillas y yesos (Formación Lerín, de edad Mioceno), que aflora al W. A ella suprayace una secuencia margo-arcillosa sensiblemente horizontal (Formación Tudela, también Miocena). Estos materiales están revestidos por glaciares de cobertera del Pleistoceno (cantos y gravas con abundante matriz limo-arcillosa) y sedimentos Holocenos arcillosos menos compactos en las planicies más bajas.

La cuenca endorreica de las Bardenas se rellenó de sedimentos fluvio-lacustres (fundamentalmente arcillosos) durante el Eoceno-Mioceno, y al labrar el Ebro su paso y conectar con el Mediterráneo, pasó a ser exorreica en el Mioceno final o en el tránsito Mioceno-Plioceno (Riba, 1964; Salvany, 1989). A partir de entonces los materiales Terciarios van siendo erosionados, vaciando gran parte de la cuenca y originando los relieves tabulares, escarpes y lomas, característicos de la región. Durante el Cuaternario, la erosión normal ha seguido profundizando el modelado de la región, tanto por la acción erosiva llevada a cabo en los fondos de valle, como por la ejercida en las laderas, a lo que se suma la incisión Holocena de la red de drenaje en las planicies. A la misma contribuyen los procesos de tubificación o piping, que involucran la formación de cavidades subterráneas y gullies. En esta nota describimos diversos ejemplos de cavidades, ilustrativas de la diversidad que presenta la karstificación en arcillas.

Las cavidades exploradas se localizan en la Bardena Negra, en una región comprendida entre la Plana de Sagasti (489 m snm) y la meseta de la Nasa Alta (629 m snm). Abarca varios sectores: parte de una de las cabeceras del Barranco de Valfondo, flanco Este de la Loma de la Madera y, sobre todo, parte baja central del Barranco de Los Sorianos, que es donde encontramos el mayor número de cavidades (Figura 01). Las cuevas están emplazadas a cotas de entre 440 y 360 m snm. Las mayores cavidades alcanzan -15 m de desnivel y 50 m de desarrollo, pero en su mayoría se trata de cortos túneles (de 10 a 20 m de desarrollo) y cavidades que perforan y atraviesan en forma compleja las paredes festoneadas entre gullies y depresiones adyacentes. En total fueron exploradas 14 cavidades, cuyo desarrollo suma 362 m de galerías subterráneas.

Durante las prospecciones fueron explorados sectores adicionales (en el Barranco de Valfondo, Barranco de Jiménez, sector entre la Balsa de la Nemesia y cresta de la Loma de la Madera), sin cavidades propiamente dichas, pero con algunos ejemplos interesantes de geoformas de superficie, cárcavas y abrigos. Incluimos al respecto datos con coordenadas UTM de tres puntos distintos de interés geológico, con sus respectivas descripciones. En todos los casos la fuente de referencia para las coordenadas y altitud es la Cartografía digital SITNA, Gobierno de Navarra (Coordenadas ETRS89, UTM 30N). En las cavidades simples, el datum (= punto 0) para las coordenadas corresponde a la boca de acceso a la cavidad, pero en el caso de pequeños sistemas (con múltiples bocas) lo situamos en el centro del conjunto.

Aunque disponemos de algunos datos topográficos, dado el escaso desarrollo de las cavidades y/o su complejo trazado (con múltiples pequeños conductos), optamos por ilustrar las descripciones con fotografías, ya que las imágenes exponen sus características mejor que una representación esquemática en planos. A continuación, la descripción de las cavidades y formas de superficie, agrupadas por sectores.

A. Sector del Barranco de Valfondo.

Las cavidades y puntos de interés con geofomas están situados en la cabecera de la rama más suroriental de dicho barranco, donde revisamos un tramo de 1.200 m de longitud, entre un punto situado a 300 m al W de la pequeña balsa del Corral de Pérez, y el collado donde se localiza la Balsa de la Nemesia, situado al Sur de la Loma de la Madera.

Valfondo 01.

Situación: A 250 m al W de la pequeña balsa del Corral de Pérez, en el talweg del barranco de Valfondo.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.665.640; E 629.030; Altitud 385 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -4 m; Desarrollo espacial: 20 m. Figuras 02 y 03.

Descripción: Se trata de una pequeña cueva, con varias bocas, formada bajo un estrato de caliza (de 1 m de espesor), el cual ha colapsado a lo largo de un escarpe, formado por erosión normal del cauce del barranco. La cueva se desarrolla por excavación de la serie arcillosa bajo el techo de caliza, y entre este y grandes bloques cúbicos desprendidos.

En este sector hay varios estratos métricos de caliza, intercalados en la serie arcillosa, cuyo borde en visera colapsa en bloques formando pequeños abrigos bajo ellos. 50 m al W y algo más abajo de esta cavidad, el cauce seco del barranco presenta otro resalte vertical (de 4 m de desnivel) bajo un estrato calizo, con un abrigo bajo el reborde en extraplomo y una poza de agua de régimen temporal, excavada obviamente por la acción erosiva de una cascada.

Valfondo 02.

Situación: A 380 m al ENE de la pequeña balsa del Corral de Pérez, en el talweg del tramo superior del barranco.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.665.863; E 629.642; Altitud 424 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +2 m; Desarrollo espacial: son dos túneles sucesivos de 20 m y 10 m. Figuras 04 y 05.

Descripción: Son dos cuevas-túneles sucesivas, con galerías de 1-2 m de diámetro, excavadas bajo el cauce temporal del barranco, aprovechando el desnivel de su perfil escalonado. Se trata de un fenómeno de autocaptura o by-pass, donde el agua que circulaba antes en superficie ha profundizando bajo el talweg, para circular actualmente bajo el cauce antiguo. Las galerías presentan huellas de una circulación hídrica temporal entre los materiales arcillosos. El tramo abierto que separa ambas cuevas es una claraboya ampliada por colapso mecánico de la bóveda.

Este tipo de cuevas-túneles es frecuente en la región en los cauces de barrancos entallados, con galerías en by-pass que pueden ir bajo el cauce o en paralelo al mismo, aprovechando el débil buzamiento de las capas o diferencias de nivel en su perfil longitudinal (Ver p.ej.: Galán et al, 2015, 2016). Las corrientes de aire entre sus bocas facilitan la formación de eflorescencias de sales y espeleotemas aciculares de yeso, a veces cubriendo superficies extensas.

Valfondo Geofomas.

Situación: A 80 m al NE de Valfondo 02 y a 400 m de la Balsa de la Nemesia (situada en un collado al E, a 450 m de altitud).

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.665.920; E 629.740; Altitud 432 m snm.

Dimensiones: Se trata de un grupo de Chimeneas de las Hadas. Figuras 05--06.

Descripción: Se trata de un grupo de geofomas de superficie que constituyen incipientes chimeneas de las hadas, las cuales tienen por tope superior a bloques métricos de caliza, que han colapsado desde estratos superiores y han deslizado o caído hacia el fondo del barranco. La acción irregular de las lluvias va erosionando los materiales arcillosos basales, mientras los bloques protegen el suelo de esta acción generando formas columnares. Hay ejemplos de este tipo a muy diferentes escalas, desde bajo pequeños guijarros a grandes bloques, pero nos ha parecido ilustrar este caso porque permite apreciar su mecanismo de formación. Los materiales arcillosos de estas "chimeneas" presentan con frecuencia superficies agrietadas con morfologías tipo popcorn, generadas por expansión y retracción de las arcillas bajo condiciones alternas de humectación-deseccación.

B. Sector del Barranco de Jiménez.

Los puntos de interés son cárcavas y un abrigo situados en la cabecera del barranco, bajo el collado donde se localiza la Balsa de la Nemesia (Figura 07).

Jiménez Abrigo.

Situación: A 280 m al NE de la Balsa de la Nemesia, en el talweg del barranco de Jiménez.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.180; E 630.336; Altitud 410 m snm.

Dimensiones: Desnivel: 0 m; Desarrollo espacial: 7 m. Figura 08.

Descripción: Abrigo de 4 m de ancho x 2 m de alto, formado bajo un escarpe que tiene por techo un estrato más resistente, de margo-caliza. El abrigo profundiza 3 m bajo el estrato y posee espeleotemas de yeso y de mica-illita.

Jiménez Cárcavas.

Situación: A 120 m al N del Abrigo. Se trata de un barranco, con profundas cárcavas, que se une al barranco de Jiménez.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.305; E 630.335; Altitud 400 m snm.

Dimensiones: Desciende un desnivel de 30 m a lo largo de un desarrollo espacial de algo más de 60 m. Figura 09.

Descripción: Sobre los flancos del barranco de Jiménez, aparte de su fondo entallado, hay sistemas de cárcavas con profundos surcos. La que describimos constituye un barranco afluente, con tramos muy entallados (encañonados) tipo gully, en cuyas paredes y cauce se abren numerosos conductos de piping que forman mesocavernas, impracticables por su estrechez (inferiores a 20 cm de diámetro), pero que conducen la infiltración formando cuevas en miniatura. En ellas se puede observar en pequeño rasgos semejantes a otros que se presentan en cuevas mayores. Con ejemplos de túneles, colapsos, ventanas, arcos y puentes de roca, a distintas escalas. La coalescencia de conductos próximos genera algunos tramos de cortas galerías de mayor diámetro. En otros casos se aprecia que el progreso de la erosión desmantela los sistemas de pipes y genera badlands y acumulaciones caóticas.

C. Sector del flanco Este de la Loma de la Madera.

Las cavidades están situadas en la parte baja del flanco E de la Loma de la Madera, sobre sistemas de depresiones y gullies, algunos de ellos muy próximos a la margen izquierda de la parte baja central del Barranco de Los Sorianos (Figuras 10 y 11).

Loma de la Madera 01.

Situación: A 370 m al ENE de la cumbre de la Loma de la Madera.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.850; E 630.670; Altitud 375 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -5 m; Desarrollo espacial: 20 m. Figura 12.

Descripción: La boca se abre en la base de un pequeño escarpe vertical, en el fondo de una depresión cerrada. La entrada es una rampa de fuerte pendiente que conduce a un tramo plano (cota -5 m), el cual prosigue en un arrastradero hasta otra depresión adyacente, más baja. Posee cortos laterales y dos pequeñas claraboyas, en comunicación con la superficie.

Loma de la Madera 02.

Situación: A 25 m al N de la cavidad anterior (Loma de la Madera 01).

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.866; E 630.681; Altitud 368 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +5 m; Desarrollo espacial: 30 m. Figuras 13 a 15.

Descripción: Se trata de una cueva-túnel con una galería central amplia, de 2-3 m de diámetro, que perfora un tramo entre dos partes de un barranco entallado o gully, con paredes de 6 m de alto. Posee un cauce central, pequeños laterales y una claraboya (cota +5 m). La arcilla de las paredes muestra numerosas hiladas de clastos angulosos de margo-caliza.

Loma de la Madera 03.

Situación: A 20 m al NE de Loma de la Madera 02.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.878; E 630.702; Altitud 366 m snm.

Dimensiones: Desnivel: 0 m; Desarrollo espacial: 10 m. Figura 16.

Descripción: Se trata de otra cueva-túnel horizontal, de 10 m de largo, que perfora un tramo entre dos depresiones.

Loma de la Madera 04.

Situación: A 85 m al N de Loma de la Madera 03.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.955; E 630.724; Altitud 370 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -4 m; Desarrollo espacial: 20 m. Figura 17.

Descripción: Pequeña cueva, que recorre el fondo de otro gully, perforando conductos de 1 m de diámetro a varios niveles. El gully se encuentra en la margen izquierda del Barranco de Los Sorianos y confluye con el mismo.

Loma de la Madera 05.

Situación: A 30 m al E de Loma de la Madera 04.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.958; E 630.751; Altitud 365 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -4 m; Desarrollo espacial: 15 m. Figura 18.

Descripción: Pequeña sima, localizada en el interior de otra garganta entallada próxima al cauce principal del Barranco de Los Sorianos. La boca es una sima tubular de -2 m, destrepable sin cuerda, con una galería-laminador inferior, que a los 10 m se torna impracticable por estrecha. La galería drena hacia el fondo del barranco.



Figura 01. Relieve de la región de estudio. Imagen superior: vista desde la Loma de la Madera hacia el Barranco de Los Sorianos, con las mesetas de Las Nasas al fondo. Imagen inferior: vista desde Las Nasas hacia la parte central del Barranco de los Sorianos, la aguda cresta de la Loma de la Madera y, al fondo, la Plana de Sagasti.



Figura 02. Cueva Barranco de Valfondo 01, formada bajo un estrato métrico de caliza, intercalado en la serie arcillosa, en el talweg del barranco, de régimen hídrico temporal.



Figura 03. Morfología de la rama SE del Barranco de Valfondo en su cabecera de cuenca. Escarpe vertical en el cauce, con un abrigo inferior, y paredes laterales con cárcavas en arcillas Miocenas.



Figura 04. Cueva-túnel Valfondo 02. Su boca se abre en el cauce del tramo superior del barranco (lado derecho de la imagen superior) y consta de dos tramos túneles separados por una claraboya intermedia (imagen inferior). Puede apreciarse las huellas del sinuoso cauce temporal que atraviesa los túneles.



Figura 05. Detalles de la galería interna de Valfondo 02 (arriba) e incipiente formación de Chimeneas de las Hadas, a corta distancia en el tramo superior que sigue a la cueva (debajo).



Figura 06. Valfondo Geoformas. Incipiente formación de Chimeneas de las Hadas bajo bloques cúbicos desprendidos de un estrato superior de caliza.



Figura 07. Balsa de la Nemesia, en el collado del mismo nombre, con la silueta de Las Nasas al fondo (arriba) y Loma de la Madera (debajo). Las aguas tienen un alto contenido en sales de sodio, procedente de las arcillas.



Figura 08. Cabecera del Barranco de Jiménez, con un abrigo de 7 m bajo un estrato resistente de margo-caliza.



Figura 09. Barranco de Jiménez. Sus pronunciados flancos muestran profundas cárcavas, con pipes menores. En la imagen inferior se aprecia un barranco afluente muy entallado, con profundas cárcavas y tramos tipo gully.



Figura 10. La larga cresta de la Loma de la Madera. Su flanco E desciende hacia la parte central del Barranco de Los Sorianos. En su zona baja este flanco posee numerosas depresiones y gullies, con cavidades.



Figura 11. Parte baja del flanco Este de la Loma de la Madera, con numerosas depresiones y gullies, las cuales drenan hacia el talweg del Barranco de Los Sorianos, que actúa como nivel de base local de las circulaciones hídricas subterráneas de ambos flancos.



Figura 12. Flanco Este de la Loma de la Madera, con cárcavas, y depresión donde se abren las bocas de la cueva Loma de la Madera 01, la cual perfora una elevación hasta un gully adyacente. En el terreno hay además muchos pipes y oquedades menores.



Figura 13. Cueva-túnel Loma de la Madera 02. Perfora una elevación entre dos depresiones. Vistas hacia la boca inferior.

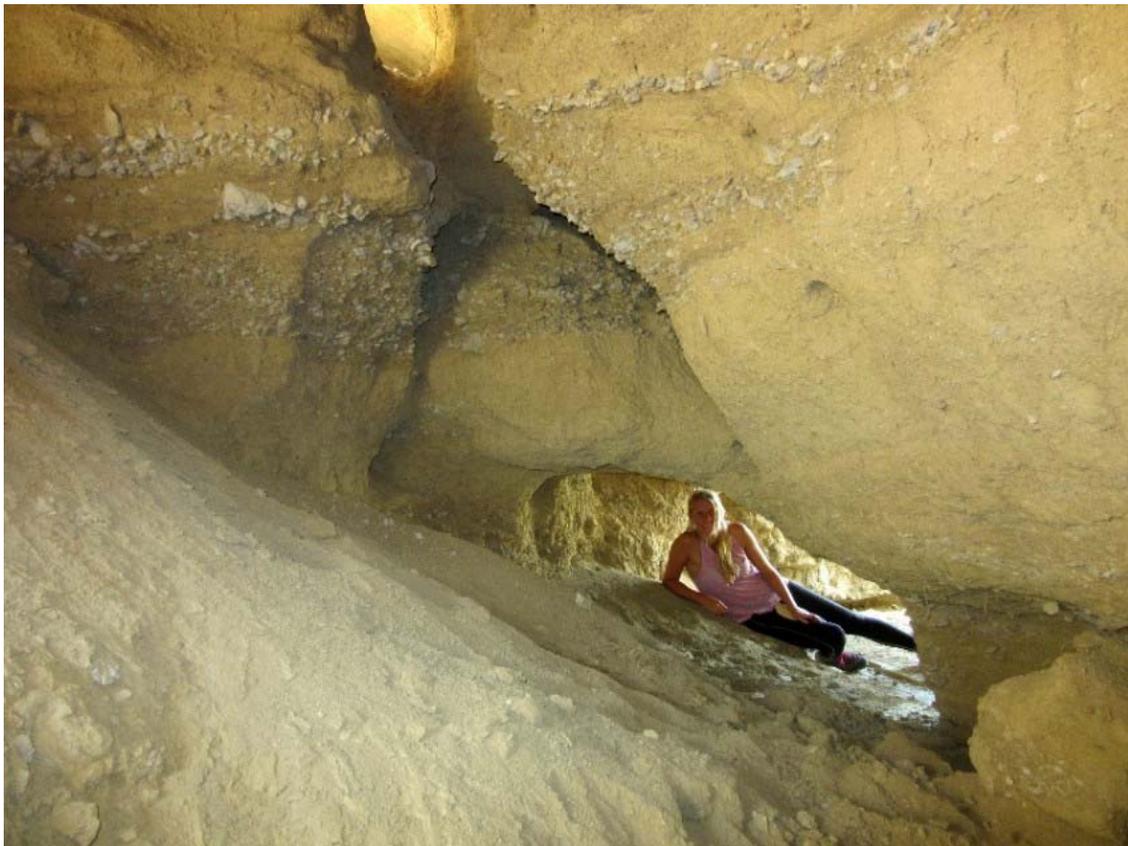


Figura 14. Cueva-túnel Loma de la Madera 02. Morfología de las bocas superior, inferior y una claraboya. Nótese las hiladas de clastos angulosos de caliza intercalados en la serie arcillosa.



Figura 15. Detalles de galerías laterales de pequeño diámetro en la cueva Loma de la Madera 02.



Figura 16. Cueva-túnel Loma de la Madera 03. Cauce temporal y detalle de clastos de margo-caliza.



Figura 17. Cueva Loma de la Madera 04, con galerías a varios niveles. La cavidad drena un gully afluente al Barranco de Los Sorianos.



Figura 18. Sima Loma de la Madera 05. Boca de acceso (arriba) y pipes al lado del laminador de salida al barranco (debajo).

D. Sector central del Barranco de Los Sorianos.

Las cavidades están situadas en la margen derecha del Barranco de los Sorianos, sobre el flanco de estribaciones montañosas que se extienden al W de las mesetas de Las Nasas.

Los Sorianos 01.

Situación: A 200 m al NE de Loma de la Madera 05, en la margen derecha del Barranco de Los Sorianos.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.116; E 630.866; Altitud 365 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -12 m; Desarrollo espacial: 25 m. Figura 19.

Descripción: Se trata de una sima con boca de 4 m de diámetro y -10 m de desnivel que requiere cuerda. Su fondo, más amplio que la boca, forma una pequeña sala, que prosigue en una galería de techo bajo, de 15 m de largo, la cual desemboca en el talweg del Barranco de Los Sorianos.

Los Sorianos 02.

Situación: A 40 m al S de la cavidad anterior (Los Sorianos 01).

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.079; E 630.865; Altitud 374 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -15 m; Desarrollo espacial: 32 m. Figuras 20 y 21.

Descripción: Se trata de una depresión-sima, de boca subcircular y -12 m de desnivel, que posee una cueva inferior. Llama la atención por poseer un perímetro con paredes verticales con surcos de piping, entre los cuales ha quedado separada de la pared una esbelta torre de arcilla de 7 m de altura. La galería inferior, de techo bajo, perfora el tabique que la separa del talweg del Barranco de Los Sorianos. Posee otra ventana en forma de grieta, a media altura, que perfora dicho tabique de separación. El desarrollo espacial del conjunto depresión-cueva totaliza 32 m y -15 m de desnivel.

Los Sorianos 03.

Situación: A 60 m al SE de Los Sorianos 02, en un barranco afluente.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.045; E 630.910; Altitud 370 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -10 m; Desarrollo espacial: 25 m. Figura 22.

Descripción: Pequeño sistema, con varias bocas, interconectadas por galerías inferiores, localizado sobre las paredes de un barranco afluente al de Los Sorianos. Posee dos bocas amplias, con galerías en rampa, y una red dendrítica de galerías inferiores, con numerosos conductos de piping, horizontales y verticales. El sistema drena hacia el talweg del barranco y posee 25 m de galerías penetrables.

Los Sorianos 04.

Situación: A 20 m al E de Los Sorianos 03.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.051; E 630.934; Altitud 368 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -5 m; Desarrollo espacial: 10 m. Figuras 23 y 24.

Descripción: Cueva-túnel en rampa descendente, con galería de 2 m de diámetro y una pequeña claraboya. La cavidad perfora la pared de un barranco adyacente al de Los Sorianos.

Los Sorianos 05.

Situación: A 40 m al S de Los Sorianos 04.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.667.034; E 630.934; Altitud 370 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -12 m; Desarrollo espacial: 40 m. Figura 25.

Descripción: Conjunto de varias cuevas interconectadas por claraboyas y pipes menores en la paredes de la continuación del barranco donde se localiza Los Sorianos 04.

Los Sorianos 06.

Situación: A 130 m al SW de Los Sorianos 05.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.962; E 630.828; Altitud 368 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -12 m; Desarrollo espacial: 50 m. Figuras 26 y 27.

Descripción: Es una amplia depresión, cerrada en todo su perímetro, pero que puede descenderse sin cuerda por dos zonas distintas. Su fondo alcanza -12 m de desnivel. Presenta bordes con torres y aristas de roca, y un tabique que subdivide la depresión en dos. Este tabique está perforado en su base por una cueva subhorizontal, de techo bajo, y presenta en adición tres simas tubulares que lo taladran verticalmente. La geometría del conjunto es relativamente compleja, ya que presenta caos de bloques de colapso, oquedades menores y conductos de piping. Su desarrollo espacial suma 50 m de galerías.

La cavidad está situada sobre una zona plana y elevada, adyacente al cauce central del Barranco de Los Sorianos, hacia el cual drena, a través de pequeños conductos que afloran en su margen derecha, al Sur de Los Sorianos 05.

Los Sorianos 07.

Situación: A 50 m al S de Los Sorianos 06.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.914; E 630.830; Altitud 360 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -2 m; Desarrollo espacial: 15 m. Figuras 28 y 29.

Descripción: La boca se abre en un barranco afluente, en la que conforma otra cueva-túnel. La cavidad consta de una galería única, levemente descendente, de amplio diámetro (3 m) en su primera parte; luego sigue ancha pero de techo bajo, formando un laminador sinuoso, por donde prosigue un cauce temporal, para emerger en la continuación del barranco.

E. Otros ejemplos de geoformas.

Además de las cavidades descritas, son frecuentes, en distintos puntos, diversas geoformas de superficie. En varios tramos del Barranco de Valfondo, entre las cavidades 01 y 02, son comunes taludes laterales y montículos residuales, con cortezas agrietadas poligonales, con morfologías de tipo popcorns, y bandeados de arcillas de distintos colores (grises, ocre y rojizos) (Figura 30).

Los taludes de la Loma de la Madera presentan crestas con surcos pronunciados y cárcavas menores. Algunas de ellas, de acentuada pendiente y desprovistas de vegetación, poseen también bandeados de colores y superficies agrietadas por retracción de las arcillas al desecarse (Figura 31).

En el cauce central del Barranco de los Sorianos hay también pequeños escarpes, formados por colapso y retroceso de estratos intercalados de margas y calizas, con abrigos someros bajo ellos, así como paredes verticalizadas con surcos de piping (Figura 32). Los meandros del cauce socavan la base de estas paredes, dejando a veces islotes con torres residuales de arcilla (Figura 33).

Sobre la margen derecha hay también algunas planicies con sistemas de depresiones y cárcavas caóticas, con morfología de tipo badlands. Algunas zonas planas se extienden sobre estratos de margas, y se presentan desnudos o parcialmente cubiertos de numerosos guijarros y gravas (Figura 34) procedentes de glaciares de cobertera del Pleistoceno. Los guijarros pueden formar curiosas alineaciones paralelas y quedar en relieve positivo como pequeñas chimeneas de las hadas, ya que casi todo el material arcilloso ha resultado removido por las lluvias. El borde de estos estratos duros frecuentemente presenta resaltes fracturados y taludes de bloques desprendidos (Figura 35).

F. Datos de conjunto.

El presente trabajo, fundamentalmente descriptivo, presenta datos sobre diversas geoformas y cavidades halladas en el área explorada. Pero el relieve erosivo de esta región, entre Las Nasas y la Plana de Sagasti, está profundamente entallado y surcado por una infinidad de barrancos, planicies escalonadas, taludes, depresiones y gullies (Figura 01), de los que sólo conocemos una pequeña parte. Por lo que es de esperar que puedan encontrarse muchas otras cavidades.

Independientemente de sus dimensiones, parece más o menos obvio que las cavidades se forman por procesos de piping y erosivos en la vecindad de la red de barrancos, cañones y depresiones, y dentro o a lo largo de los mismos. Para que actúe el piping incontestablemente se requiere la existencia de cierto gradiente hidráulico y de niveles de base locales hacia los cuales puedan descargar las circulaciones hídricas subterráneas. Y esto se consigue con mayor facilidad en las inmediaciones de la red entallada de barrancos, por lo que en gran parte la karstificación en esta litología es esencialmente un fenómeno de borde.

Las cavidades exploradas y descritas en este trabajo son todas de modestas dimensiones y se distribuyen en una de las cabeceras del barranco de Valfondo (2 cavidades, que suman 50 m de desarrollo), Loma de La Madera (5 cavidades, con 115 m) y parte baja central del barranco de Los Sorianos (7 cavidades, con 197 m), lo que suma un total acumulado de 14 cavidades, con 362 m de galerías subterráneas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar de que las cavidades exploradas en esta nota, son fenómenos de pequeñas o modestas dimensiones, en otros trabajos hemos expuesto datos sobre cavidades mucho más extensas y de gran desnivel, que pueden formarse (y de hecho se forman) a lo largo de taludes de fuerte pendiente, como ocurre en el flanco W de Las Nasas (Galán, 2015; Galán et al, 2017), siempre y cuando se reúnan o conjuguen una serie de condiciones favorables. Esto sucede de modo comparable para el desarrollo del karst en cuarcitas (Galán & Herrera, 2005), donde la karstificación parece ser también un fenómeno de borde, asociado a escarpes y zonas con fuerte gradiente hidráulico. Por lo que se trata de procesos inhomogéneos, donde resulta difícil predecir donde se encontrarán nuevas cavidades más extensas o de mayor desnivel. De ahí el interés en prospectar más localidades, donde sin duda aparecerán muchas otras nuevas cavidades.



Figura 19. Sima Los Sorianos 01. Consta de un pozo vertical de 10 m (imagen superior) y una galería inferior descendente, que drena hacia el barranco a través de un laminador. Las paredes del barranco en este sector muestran trazas de tubos verticales, seccionados por el retroceso de las paredes (imagen inferior), pero que probablemente corresponden a fragmentos de antiguas simas, similares a la cavidad descrita.



Figura 20. Depresión-sima Los Sorianos 02. Un delgado tabique separa la cavidad de la pared del barranco. El tabique es atravesado por una cueva basal, que dreña la depresión, y una fisura a media altura. Posee en su perímetro interno acanaladuras de pipes y una estilizada torre residual de 7 m de altura. Las morfologías observadas sugieren una continua creación y ampliación de conductos. La remoción de materiales puede ir acompañada de nuevos colapsos, coalescencia, y retroceso de las paredes, dando lugar a un modelado de barrancos entallados y redes dendríticas de gullies menores.



Figura 21. Depresión-sima Los Sorianos 02. Detalles de la torre interna de arcilla y cueva inferior de techo bajo.



Figura 22. Sistema Los Sorianos 03. Caverna con varias bocas, entrelazadas por galerías inferiores y ventanas a varias alturas. Se localiza en las paredes de un barranco afluente y posee 25 m de galerías penetrables.



Figura 23. Cueva Los Sorianos 04. Localizada en el interior de un gully, presenta una cueva-túnel, descendente, que conduce el drenaje hacia la continuación de un barranco, afluente al de Los Sorianos.



Figura 24. Cueva Los Sorianos 04. Detalle de la boca inferior, boca superior y claraboya.



Figura 25. Cueva Los Sorianos 05. Sistema con varias bocas, interconectadas por galerías y pipes menores, a lo largo del borde superior y paredes de un barranco afluente al de Los Sorianos.



Figura 26. Los Sorianos 06. Es una amplia depresión-sima, de -12 m de desnivel, de trazado complejo, con varias galerías internas. Presenta un tabique perforado en su base por una cueva horizontal y tres simas tubulares que lo taladran verticalmente, cuyas bocas pueden apreciarse en la imagen inferior (vista desde superficie).



Figura 27. Depresión-sima Los Sorianos 06. Detalles de la boca de la cueva basal que perfora el tabique, con un cauce encajado, y remontando el talud que presenta la depresión en uno de sus extremos. La cavidad en su conjunto totaliza 50 m de desarrollo espacial.



Figura 28. Cueva-túnel Los Sorianos 07. Detalles de la boca superior, con una galería amplia, y continuación descendente de techo bajo, con un cauce temporal que emerge en la continuación del barranco.



Figura 29. Continuación en superficie del barranco afluente, tras la cueva-túnel Los Sorianos 07, y vista del relieve del sector, con pequeñas planicies surcadas por depresiones y barrancos menores.



Figura 30. Taludes y montículos residuales con superficies agrietadas poligonales (morfología de tipo popcorn) en el barranco de Valfondo. Se aprecia también bandas de coloración en las arcillas.



Figura 31. Flanco Este de la Loma de la Madera. Taludes de fuerte pendiente con surcos y crestas, con bandas de coloración y superficies agrietadas por desecamiento y retracción de las arcillas.



Figura 32. Barranco de los Sorianos, parte central. Escarpes formados en el cauce por la erosión y colapso de estratos duros de margas y calizas (arriba), y paredes con surcos de piping con largas raíces (debajo). La penetración de las raíces en busca de humedad a través de fisuras, facilita la infiltración y el piping.



Figura 33. Los meandros en el cauce de los barrancos socavan la base de sus paredes, dejando a veces simas y conductos seccionados e islotes con torres residuales de arcilla.



Figura 34. Cárcavas y depresiones con morfología de badlands (arriba). Y zonas planas con curiosas alineaciones de guijarros y gravas (debajo).



Figura 35. Zonas planas con guijarros, que a veces generan chimeneas de las hadas en miniatura, y borde de estratos duros de caliza, con fracturas y taludes de bloques de colapso.

Las arcillas de la Formación Tudela tienen una estructura masiva y cambian sus propiedades físicas según su estado de hidratación. La alternancia de expansión y contracción forma repetidamente grandes y pequeñas grietas. Algunas arcillas son especialmente plásticas cuando están mojadas, y pueden formar bloques de dislocación, deslizamientos y colapsos, cuya posterior remoción contribuye significativamente a la erosión y a la ampliación volumétrica de las galerías y conductos subterráneos. Estas arcillas dispersivas poseen altos valores de sodio intercambiable y coeficientes de hinchamiento de hasta el 12%. El alto contenido en sodio desflocula las arcillas, concentrando el flujo de agua en las grietas y proporcionando una lubricación adicional a las mismas, produciéndose el piping con facilidad. Estos materiales se ven afectados por la disolución del sodio, que acelera la pérdida de coherencia de las arcillas y facilita la exportación de materiales finos en los pipes iniciales. A la vez, al haber un predominio de arcillas expansivas, se favorece el agrietamiento y se canaliza la escorrentía hacia el interior del sedimento.

El piping se inicia con la formación de agrietamientos en el suelo superior, asociados a la expansión y contracción de las arcillas bajo las condiciones climáticas alternas de humectación y sequedad que presenta la región. La disolución desagrega los materiales parentales y canaliza los flujos de infiltración hasta formar canaliculos y conductos tubulares (pipes) que facilitan la remoción intergranular. Ocurre entonces la canalización de las aguas subterráneas siguiendo unas líneas preferentes de flujo. Las aguas infiltradas verticalmente, al encontrarse con niveles progresivamente menos permeables en profundidad, tienden a circular horizontalmente formando redes de galerías. En los conductos mayores sigue actuando el piping, con líneas de flujo determinadas por el gradiente hidráulico, hasta alcanzar su desagüe en el fondo entallado de los barrancos. Si los procesos persisten llegan a formarse auténticas simas y cuevas, con galerías en este caso pequeñas (promedio de 26 m), pero que en otras cuevas de la región llegan a alcanzar varios cientos de metros de desarrollo. Tanto los procesos de piping como los de erosión normal están presentes en la formación de estas cavidades en materiales arcillosos de la Formación Tudela.

El trabajo aporta nuevos ejemplos de cavidades y geofomas en arcilla y sobre la geomorfología del conjunto de la región, con numerosos detalles de interés científico para entender la karstificación en esta litología, que está mostrando contener los mayores y más diversos sistemas de cuevas en arcilla hasta ahora conocidos a nivel mundial.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de la S.C.Aranzadi (SCA) que nos acompañaron en las prospecciones previas efectuadas en áreas contiguas a ésta (en la región de las Bardenas) y de modo especial para este trabajo, a Marian Nieto y Daniel Arrieta. A dos árbitros de la SCA y SVE (Sociedad Venezolana de Espeleología) por la revisión del manuscrito y sus útiles sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Dunne, T. 1990. Hydrology, mechanics and geomorphological implications of erosion by subsurface flow. In: Higgins, C. & D. Coates, eds. Groundwater geomorphology: The role of subsurface water in earth-surface processes and landforms. Geological Society of America, Special Paper 252.
- 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. 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. & F. Herrera. 2005. Sistema Roraima Sur, Venezuela: la mayor cavidad del mundo en cuarcitas: 11 km. Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 27 pp. + Reeditado en Pág. web Cota0.com.
- Galán, C.; M. Nieto; Dv. Arrieta & Daniel Arrieta. 2015. Espeleotemas y quirópteros en una cueva en arcilla de 158 m de desarrollo (Bardena Negra). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, PDF, 42 pp.
- Galán, C.; D. Arrieta; M. Nieto & J. Forstner. 2016. Cuevas en arcilla en el barranco Norte de La Nasa (Bardena Negra). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 48 pp.
- Galán, C.; M. Nieto; J. Forstner & A. Miner. 2017. Nasa Alta extremo Norte: sistema de simas en arcillas Miocenas (Bardenas). Publ. Dpto. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 50 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.
- Parker, G. & C. Higgins. 1990. Piping and pseudokarst in drylands. In: Higgins, C. & D. Coates, eds. Groundwater geomorphology: The role of subsurface water in earth-surface processes and landforms. Geological Society of America, Special Paper 252.
- Riba, O. 1964. Estructura sedimentaria del Terciario Continental de la Depresión del Ebro en su parte riojana y Navarra. Aportación española al XX Congr. Geogr. Int. Reino Unido. Zaragoza.
- Salvany, J.M. 1989. Los sistemas lacustres evaporíticos del sector navarro-riojano de la Cuenca del Ebro durante el Oligoceno y Mioceno inferior. Acta Geol. Hisp., 24: 3-4.