

**NUEVOS SISTEMAS DE CAVIDADES EN LOS TALUDES DE LA MESETA DE LA ESTROZA
(BARDENA BLANCA).**

New cavity systems in the slope of the La Estroza plateau (Bardena Blanca).



Carlos GALÁN, Marian NIETO & Iñigo HERRAIZ.

Sociedad de Ciencias Aranzadi. Julio 2018.

NUEVOS SISTEMAS DE CAVIDADES EN LOS TALUDES DE LA MESETA DE LA ESTROZA (BARDENA BLANCA).

New cavity systems in the slope of the La Estroza plateau (Bardena Blanca).

Carlos GALÁN, Marian NIETO & Iñigo HERRAIZ.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Julio 2018.

RESUMEN

El trabajo describe la exploración de nuevos sistemas de simas y cuevas en arcilla, localizados en taludes de la meseta de La Estroza (Bardena Blanca). El conjunto estudiado consta de siete cavidades: dos de ellas están hidrológicamente relacionadas, y forman un único sistema; otras tres forman redes en paralelo, sobre el mismo flanco; y otras dos cavidades, en otro sector, conforman una cueva-cañón con numerosas claraboyas, que se extiende por más de 100 m a lo largo del flanco. Las cavidades se han formado en lutitas ocre y rojas de la Formación Tudela (de edad Mioceno, Terciario). Se describen los rasgos hidrogeológicos de estos sistemas de simas y cuevas en arcilla.

Palabras clave: Cuevas en arcilla, Karst en arcilla, Espeleología, Tubificación, Hidrogeología, Geomorfología, Bioespeleología.

ABSTRACT

The work describes the exploration of new system of abyss and caves in clay, located in slopes of the La Estroza plateau (Bardena Blanca). The group studied consists of seven cavities: two of them are hydrologically related, and form a simple system: three others form networks in parallel, on the same slope; and two other cavities, in another sector, make up a cave-canyon with numerous skylights, which extends for more than 100 m along the flank. The cavities have been formed in ocher and red lutites of the Tudela Formation (of Miocene, Tertiary age). The hydrogeological features of these abyss and caves systems in clay are described.

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

INTRODUCCION

La prospección de nuevos sectores en taludes del flanco Norte de la meseta de la Estroza (cuenca del Barranco del Gato, Bardena Blanca, Navarra) (Galán et al, 2018 a, 2018 b) ha conducido al hallazgo de nuevos sistemas de simas y cuevas. Cinco cavidades se localizan sobre el flanco Norte de La Estroza y otras dos en el sector NE del plano de la Estroza, formando un sistema en paralelo al del Sistema de la Cueva del Gato (Galán et al, 2018 b).

Estas exploraciones muestran que hay sectores de los taludes con una gran densidad de simas distribuidas sobre las redes de drenaje subterráneo. Algunas de ellas forman sistemas simples, hidrológicamente interconectados, otros presentan trazados en paralelo, a lo largo del flanco. Hay por último sistemas más extensos en planta, pero con conductos inferiores de débil diámetro.

Los mecanismos responsables de la formación de estos sistemas de simas en arcilla son semejantes. El factor fundamental que comanda la espeleogénesis es el proceso de piping, aunque también existe cierto grado de disolución de los materiales parentales. A su vez, los colapsos mecánicos y la erosión normal intervienen en el crecimiento en volumen de las cavidades.

Los métodos de exploración utilizados son los habituales en espeleología, con técnica de cuerda estática y jumars para verticales y levantamientos topográficos con instrumental de precisión (brújula y clinómetro Suunto). El trabajo es apoyado en cartografía y ortofotos de los sectores, complementando las descripciones con fotografía digital. Los planos de las cavidades han sido dibujados en programa Freehand. Algunas muestras de espeleotemas y fauna cavernícola han sido estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular.

RESULTADOS

Las cavidades descubiertas se localizan al N y NW de la Punta de la Estroza (462 m snm), sobre los flancos N y NE del plano de La Estroza, en territorio de Navarra. Este sector forma un entrante topográfico, cóncavo hacia el E, surcado por el barranco del Gato, el cual desciende hacia la zona de Bojacar y el Barranco Grande.

Los materiales aflorantes son lutitas ocre y rojas de la Formación Tudela, de edad Orleaniense (Mioceno temprano, Terciario). Constituyen la unidad litoestratigráfica 369, descrita por Faci Aparicio et al (2002) y SITNA Navarra. El área contiene algunos glaciares de acumulación, con gravas y cantos rodados Pleistocenos-Holocenos (unidad litoestratigráfica 517) y rellenos de fondos de valle con arcillas y limos Holocenos (unidad 527).

Las cavidades exploradas se localizan en la unidad 369, de lutitas ocre y rojas, con intercalaciones delgadas de nivelitos de calizas y areniscas. Su potencia alcanza 180 m y suprayace y grada sobre margas grises con yesos pertenecientes a la Formación Lerín, de edad Ageniense, Mioceno basal (unidad 356). Litológicamente se trata de una unidad muy heterogénea, de tonalidades claras, en la que predominan lutitas ocre que presentan un aspecto masivo, con tonalidades de color ocre y a veces rojizo. Los tramos basales de la serie suelen ser algo margosos; en general presentan tonalidades rosáceas, si bien a veces se localizan intercalados horizontes centimétricos oscuros.

Los nivelitos de areniscas son de color gris y están cementados por carbonatos; suelen presentar una base planar con abundantes ripples de corriente (climbing-ripples). Los nivelitos de calizas, de color gris, están constituidos por micritas arcillosas con abundantes restos de oogonios de charáceas.

Desde el punto de vista sedimentario estos depósitos corresponden a facies de orla distal de abanicos en la cuenca endorreica Miocena del lago del Ebro, con desarrollo de llanuras de fangos y donde de forma esporádica se localizaron episodios fluviales efímeros, así como pequeñas áreas lagunares donde precipitaron los carbonatos (Faci Aparicio et al, 2002).

Las cavidades halladas se desarrollan en lutitas ocre y rojas, en taludes del flanco Norte de la meseta de La Estroza, entre cotas de 375 a 417 m snm. A continuación describiremos las cavidades exploradas y algunos rasgos destacables de su entorno. La referencia para las coordenadas UTM es la cartografía SITNA. La denominación de cavidades sigue el orden en que fueron exploradas.

Sima La Estroza Norte 01.

Situación: A 526 m al ESE de la Cabaña del Alto. Flanco N de La Estroza.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.084; E 623.881; Altitud 417 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -18 m; Desarrollo espacial: 30 m. Figuras 01 a 04. Plano en Figura 37.

Descripción: La cavidad se localiza sobre un replano con vegetación a media altura del flanco N de la Estroza. La boca es una sima amplia, de 8 m de diámetro y -16 m de desnivel, algo alargada hacia su lado E, donde se forma una cascada en caso de lluvia. La base de la sima sigue en declive hacia el N, donde alcanza una galería en estrecho meandro que procede de una hondonada en la base de la cascada. El meandro se dirige hacia una cueva inferior, situada al NW, pero se torna impracticable por estrecho en la cota -18 m. La cavidad totaliza 30 m de desarrollo.

Cueva La Estroza Norte 02.

Situación: A 40 m en planta al NW de la sima La Estroza Norte 01.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.120; E 623.855; Altitud 395 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +12 m; Desarrollo espacial: 44 m. Figuras 05 a 12 Plano en Figura 37.

Descripción: La boca es una cueva surgente que, tras un paso estrecho, con un conducto superior, prosigue en galería alta. A los 10 m hay un paso en codo estrecho y luego sigue amplia 10 m más, hasta la base de una claraboya de 10 m. La base está en la cota +2 y la apertura a superficie en la cota +12. La galería sigue amplia 12 m más, presentando dos pequeños escalones y un pozo ciego, con una grieta por donde viene el cauce en la cota +5. Por su posición este punto está muy cerca del fondo de la sima 01.

En la cueva encontramos ejemplares de dos especies de anuros: el sapo *Bufo bufo* (Bufonidae) y el sapito *Discoglossus pictus* (Discoglossidae), así como varios ejemplares de milpiés *Cylindroiulus caeroleocinctus* (Diplopoda: Julidae). Estas especies utilizan el ambiente húmedo de la cueva como lugar de descanso y protección ante la aridez de superficie, donde eventualmente encuentran algunos recursos tróficos (dípteros en el caso de los anuros y materia orgánica vegetal en el caso de los milpiés).

Cueva La Estroza Norte 03.

Situación: A 20 m al NE de la sima La Estroza Norte 02.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.126; E 623.872; Altitud 398 m snm.

Dimensiones: Desnivel: 8 m (-2 m; +6 m). Desarrollo espacial: 12 m. Figuras 13 a 15. Plano en Figura 38.

Descripción: En la cabecera de cuenca de un pequeño barranco paralelo. La boca se abre en la base de una pequeña pared en el talud y forma una pequeña cueva ascendente hasta la cota +6 y un meandro inferior (cota -2) que drena hacia el barranco.



Figura 01. Cuenca del Barranco del Gato vista desde la zona alta de la meseta de La Estroza. La sima 01 se abre en un replano en la parte media del flanco N (flechas rojas). Las flechas negras indican la posición de la cueva-surgencia 02. Las flechas naranja señalan la ubicación de la cueva La Estroza Noreste 01, en el talud NE.



Figura 02. Sima La Estroza Norte 01. Vista de la vertical de 16 m y cascada en el lado E.



Figura 03. Instalando la cuerda e inicio del descenso en la sima La Estroza Norte 01.



Figura 04. Vertical de 16 m de la sima La Estroza Norte 01 y alcanzando la base la cascada. Nótese los surcos de piping verticales sobre las paredes y el relleno detrítico del talud basal hacia la galería inferior.



Figura 05. Boca de la cueva La Estroza Norte 02 y el caudal que emerge de la misma con leves lloviznas.



Figura 06. Boca de la cueva La Estroza Norte 02, con lluvia y un día seco, cuando fue realizada su exploración.



Figura 07. Zona estrecha de entrada a la galería de la cueva-surgencia La Estroza Norte 02.



Figura 08. Arrastradero en codo en la galería interna de la cueva La Estroza Norte 02. Nótese los bloques de colapso en el suelo del cauce temporal.



Figura 09. Diversos aspectos de la galería de la cueva La Estroza Norte 02.



Figura 10. Estratos de lutitas rojas y claraboya en la cueva La Estroza Norte 02.



Figura 11. Continuación superior de la galería tras la claraboya, con escalones ascendentes. La cavidad finaliza en un estrechamiento impracticable. Cueva La Estroza Norte 02.



Figura 12. Zona del estrechamiento terminal de la cueva La Estroza Norte 02 (arriba) y ejemplar de sapo *Bufo bufo* (Bufonidae) (debajo). También encontramos un ejemplar joven del sapito *Discoglossus pictus* (Discoglossidae).



Figura 13. Boca de la pequeña cueva La Estroza Norte 03 y caudal que emerge al barranco desde la galería inferior de la misma a través de un laminador, un día con lloviznas.



Figura 14. Boca de la cueva La Estroza Norte 03 vista desde el interior y galería ascendente interna.



Figura 15. Cueva La Estroza Norte 03. Vista de la boca en condiciones húmedas (arriba) y secas (debajo).
Nótese el pilar de la pared lateral izquierda agrietado y en proceso de colapso.



Figura 16. Cueva La Estroza Norte 04, con dos bocas superpuestas. La inferior es la surgencia de un cauce temporal. Fotos tomadas en época húmeda (imagen inferior) y durante la exploración en época seca (imagen superior).



Figura 17. Entrada y galería inferior, en época seca, a la cueva La Estroza Norte 04.



Figura 18. Paso bajo la boca superior y claraboya intermedia en la cueva La Estroza Norte 04.



Figura 19. Claraboya de acceso a la dolina superior y cauce inferior entallado de la cueva La Estroza Norte 04.
En la imagen inferior vista desde debajo de dos pequeñas claraboyas adyacentes.



Figura 20. Cueva la Estroza Norte 05. Cauce emergente de la cavidad (arriba) y las dos bocas inferiores de acceso (debajo). Se aprecia también una dolina sobre ellas (flecha negra) y la zona de pináculos cónicos donde se abre la boca superior (flecha roja).

Cueva La Estroza Norte 04.

Situación: A 20 m al SE de la sima La Estroza Norte 03.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.108; E 623.887; Altitud 410 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +10 m; Desarrollo espacial: 40 m. Figuras 16 a 19. Plano en Figura 38.

Descripción: En otro barranco, más al E. Consta de una boca inferior surgencia y otra superior a +5 m, que enlaza con la primera y prosigue en galería ascendente. A los 10 m presenta una alta claraboya que ilumina el sector y se prolonga 12 m más hasta la base escalonada de otra claraboya. En su parte inferior emerge el cauce subterráneo, profundamente entallado. La parte superior permite remontar hasta una dolina de 4-6 m de diámetro, abierta a superficie en la cota +10. El desarrollo es de 40 m.

Cueva La Estroza Norte 05.

Situación: A 55 m al SE de la sima La Estroza Norte 04.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.078; E 623.934; Altitud 415 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +12 m; Desarrollo espacial: 40 m. Figuras 20 a 26. Plano en Figura 38.

Descripción: En la cabecera de otro barranco. Consta de dos bocas de simas superpuestas, a +4 m sobre una surgencia (laminador impracticable). Las dos simas conectan en una galería inferior amplia, con continuación ascendente, de donde procede el cauce. La galería, de 20 m de largo, presenta una claraboya a mitad de su recorrido, y otra superior (cota +12 m), abierta a una zona del talud con otras depresiones entre pináculos o pequeñas torres cónicas de arcilla. Sobre las bocas inferiores hay también una depresión ciega o dolina de paredes verticales de 4 m de diámetro.

Todas las cavidades hasta aquí descritas se localizan en un pequeño sector del flanco N de la Estroza. Desde esta zona divisamos con prismáticos la presencia de otras bocas de posibles cavidades alineadas a lo largo de un talud en la parte NE de la meseta, inmediatamente al E de la cabecera de la rama principal del Barranco del Gato. Y que describiremos a continuación.

Cueva-cañón La Estroza Noreste 01.

Situación: A 350 m al ENE de la Cabaña del Alto.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.384; E 623.776; Altitud 375 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +28 m; Desarrollo espacial: 140 m. Figuras 27 a 32. Plano en Figura 39.

Descripción: Sobre la planicie, en el talud situado al E de la rama principal del Barranco del Gato, se encuentra un pequeño gully o cañoncito con una boca inferior surgente. A partir de este punto se desarrolla una larga cueva ascendente, con varias claraboyas a lo largo de su recorrido, abiertas como bocas sobre la ladera. La galería en general es amplia, pero presenta tramos con un cauce inferior estrecho, que en algunos puntos llega a formar dos conductos superpuestos.

Partiendo de la boca inferior (cota 0) el primer tramo asciende +12 m a lo largo de 37 m de recorrido, con varios escalones en la parte alta, que forma una especie de cañoncito. Se alcanza así otra boca superior horizontal, separada del conducto inferior en bypass, por la cual se accede a un segundo tramo de 40 m, sin claraboyas y con una zona media estrecha, por la cual se alcanza escalando una amplia galería horizontal en la cota +20. Esta presenta a un costado una claraboya en declive por la cual se puede ascender en escalada libre a superficie. Esta claraboya constituye la boca superior de la cavidad, en la cota +28. La cueva prosigue 12 m más hasta una bifurcación. Una rama es un arrastradero ascendente que comunica con la base de otra sima-claraboya de +4 m, abierta a igual cota que la boca superior. La otra rama desciende hasta un estrechamiento por donde discurre el cauce inferior, que procede de otra depresión muy próxima a este punto, la cual constituye la cueva La Estroza Noreste 02, con boca en el mismo replano de la cota +28. El desarrollo de conjunto totaliza 140 m.

En los tramos amplios superiores la cavidad presenta numerosas espeleotemas de yeso que forman agregados algodonosos, muy frágiles, constituidos por finísimas agujas de yeso, de hasta 2 cm de largo. También es de destacar que la cavidad atraviesa algunos niveles donde la roca-caja es una lutita de tonos blancos y rojos, que se presenta muy desagregada e inconsistente.

En la cavidad son abundantes entre los sedimentos del cauce seco conchas de caracoles terrestres epigeos *Iberus gualterianus alonensis* y *Otala punctata* (Gastropoda: Helicidae), más abundante el primero de ellos. En todo caso se trata de material arrastrado desde superficie y no de habitantes cavernícolas (estos caracoles son frecuentes en romerales y campos de cultivo). Conchas de ambas especies son muy frecuentes en los cauces de los barrancos, laderas y otras cavidades de la región.

Cueva La Estroza Noreste 02.

Situación: A 65 m al NW en planta de la cueva-cañón La Estroza Noreste 01.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.407; E 623.721; Altitud 404 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -8 m; Desarrollo espacial: 14 m. Figuras 33 a 36. Plano en Figura 39.

Descripción: Es una sima-depresión de -4 m que desciende a través de un paso estrecho, hasta una galería inferior cegada por colapso de barro en la cota -8. El drenaje de la depresión deriva hacia el cauce inferior de la cueva-cañón 01. Cerca de esta cavidad hay otras pequeñas dolinas, cegadas por rellenos detríticos. El conjunto de este replano superior no parece haberse formado por erosión, sino por disolución intergranular y subsidencia del nivel inferior de lutitas rojas y blancas observado en el interior de la cueva-cañón 01, aparentemente con un contenido mayor de sodio y yeso que otros niveles de la serie estratigráfica.



Figura 21. Las dos bocas de acceso a la cueva La Estroza Norte 05, en condiciones húmedas. La zona inferior está cegada por colapso de barro, mientras que desde la boca superior se accede a una amplia galería interna.



Figura 22. Amplia galería interna de la cueva La Estroza Norte 05, con suelo seco de clastos desprendidos.



Figura 23. Morfología del tramo intermedio, con claraboya de +8 m, en la cueva La Estroza Norte 05.



Figura 24. Cueva La Estroza Norte 05. Diversos aspectos de la galería ascendente interna. Nótese el curioso diseño de la fracturación de los estratos de lutitas.



Figura 25. Tramo superior de la cavidad y claraboya terminal. Cueva La Estroza Norte 05.



Figura 26. Un gran bloque desprendido cerca de la boca inferior y dolina-sima sobre este tramo, cegada por sedimentos. Cueva La Estroza Norte 05.

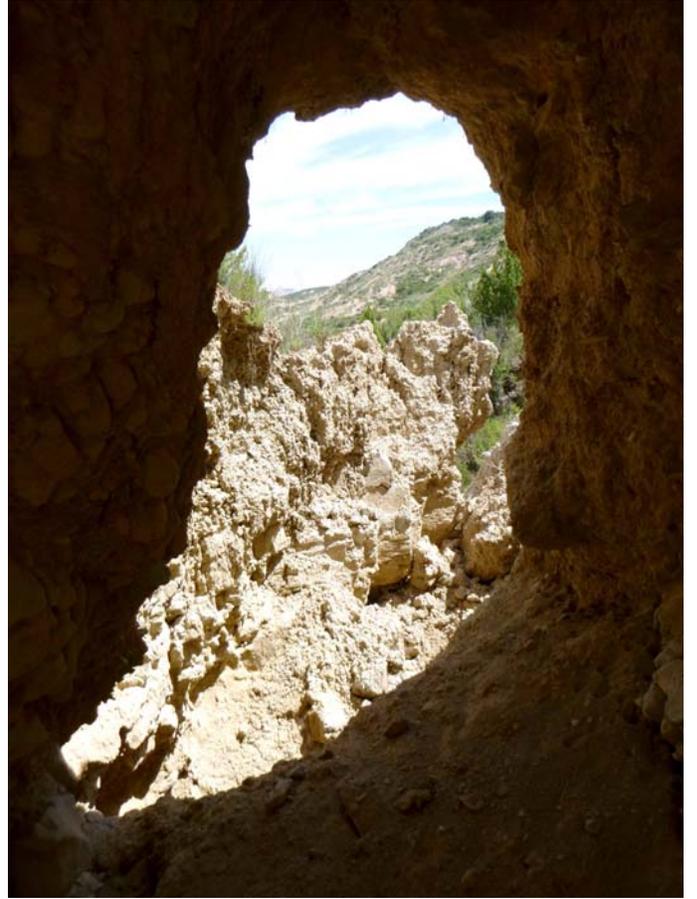


Figura 27. Boca de acceso y boca inferior de la cueva-cañón La Estroza Noreste 01 (arriba). Vista desde la primera claraboya hacia la boca inferior, situada al lado de una torre (flecha roja). Bajo ella sigue un gully o estrecho cañoncito hasta la planicie inferior (debajo, flecha negra).



Figura 28. Galería amplia de la cueva-cañón La Estroza Noreste 01 (arriba) y tramo encañonado tipo gully (debajo). Este último posee una galería inferior, estrecha y profundamente entallada, bajo los bloques acuñaados del cañón.



Figura 29. Tramo superior por encima de la cota +12 de la cueva La Estroza Noreste 01. Este tramo asciende con algunos pasos estrechos hasta una galería más amplia y horizontal en la cota +20. La luz es del flash.



Figura 30. Galería amplia en el sector de la cota +20. Cueva-cañón La Estroza Noreste 01.



Figura 31. Detalle de espeleotemas blancas de yeso en la parte superior de la cavidad La Estroza Noreste 01.



Figura 32. Base de la claraboya de la cota +28 (boca superior) y detalle de paredes con lutitas rojas y blancas, muy disgregables. Cueva-cañón La Estroza Noreste 01, de 140 m de desarrollo de galerías.



Figura 33. Cueva La Estroza Noreste 02. Forma una depresión-simas a escasos 10 m de la boca superior de la cueva-cañón 01. En el fondo de la depresión una pequeña abertura vertical da paso a la galería inferior.



Figura 34. Galería inferior de la cueva La Estroza Noreste 02, cegada por un colapso. Su drenaje temporal deriva hacia el cauce subterráneo de la cueva-cañón 01.



Figura 35. Replano donde se abren las bocas superiores de La Estroza Noreste 01 (flecha roja) y 02 (flecha negra). En la imagen inferior el espolón o estribo montañoso que separa la rama principal de la cabecera del Barranco del Gato, donde se encuentra el Sistema del Gato (flecha naranja) y la rama donde se localiza la cueva-cañón La Estroza Noreste 01 (flecha amarilla).



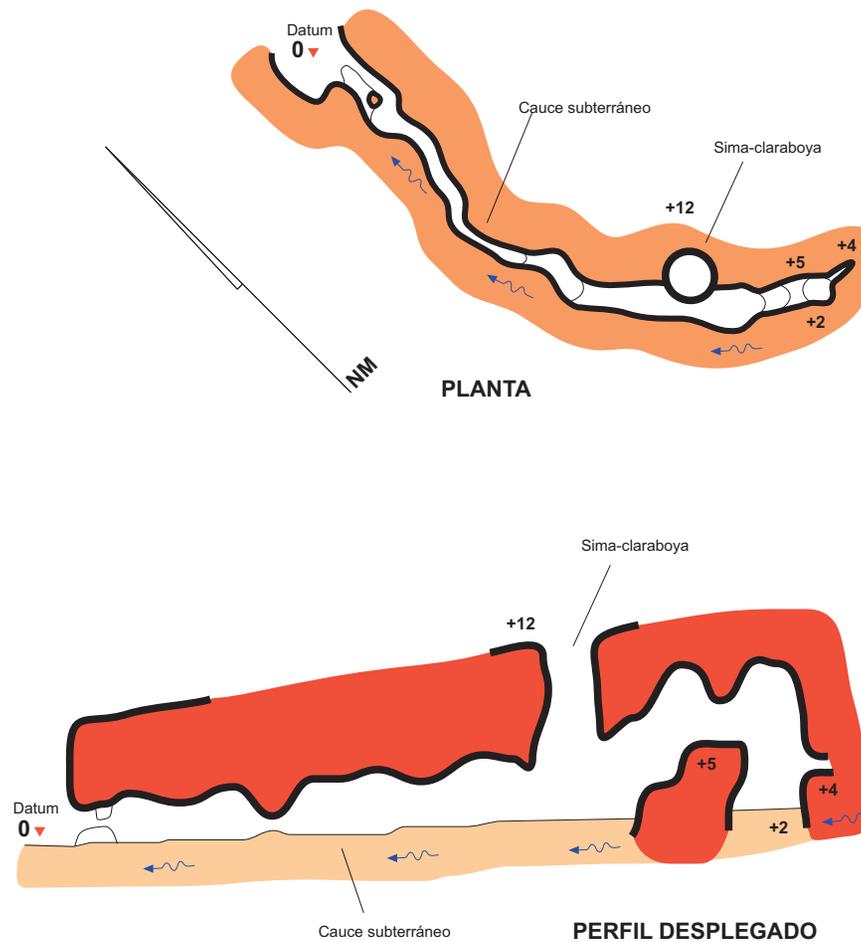
Figura 36. La secuencia de lutitas ocre y rojas de la Formación Tudela, con intercalaciones delgadas de areniscas y margocalizas. En la imagen inferior lajas fracturadas de un estrato margocalizo, con formas de disolución.

Figura 37.

Cueva La Estroza Norte 02.



Coordenadas UTM30N: N 4.680.120; E 623.855. Alt:395 m snm.
Dimensiones: Desarrollo 44 m. Desnivel +12 m.
Topografía: C.Galán, M. Nieto & I. Herraiz. SCA. 2018.
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



Sima La Estroza Norte 01.



Coordenadas UTM30N: N 4.680.084; E 623.881. Alt:417 m snm.
Dimensiones: Desarrollo 30 m. Desnivel -18 m.
Topografía: C.Galán, M. Nieto & I. Herraiz. SCA. 2018.
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.

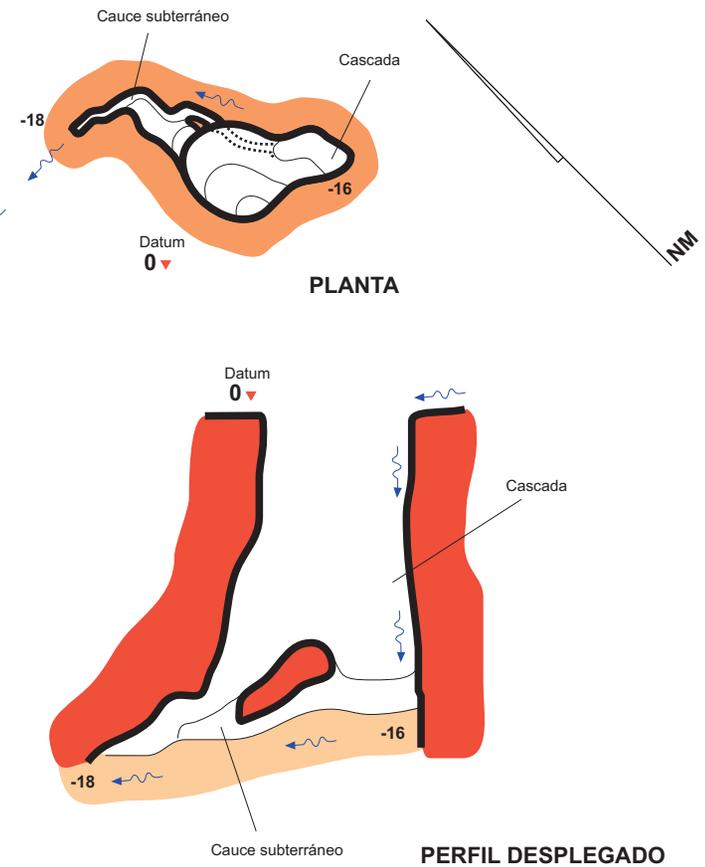
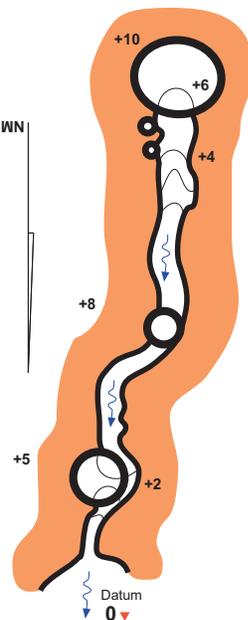
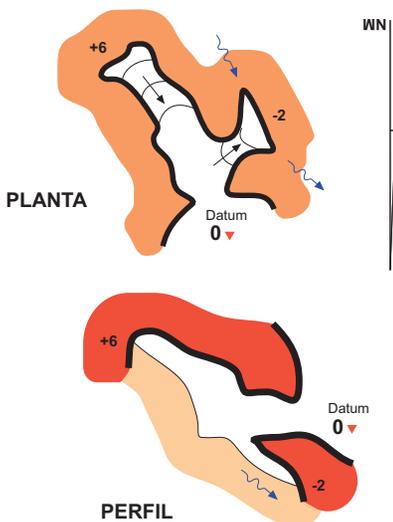


Figura 38.

Cueva La Estroza Norte 03.



Coordenadas UTM30N: N 4.680.126; E 623.872. Alt: 398 m snm.
 Dimensiones: Desarrollo 12 m. Desnivel 8 m (+6 m; -2 m).
 Topografía: C. Galán, M. Nieto & I. Herraiz. SCA. 2018.
 Dibujo: C. Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C. Aranzadi.

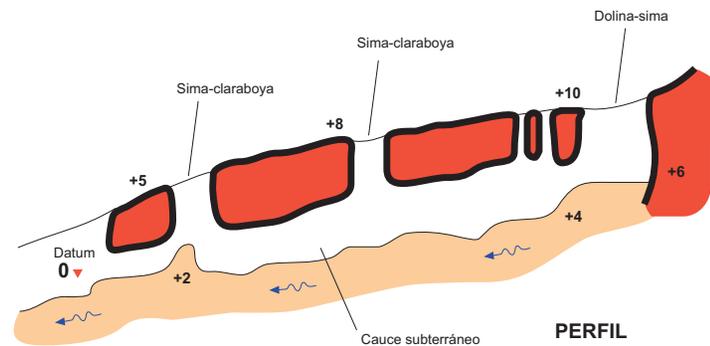


Cueva La Estroza Norte 04.



Coordenadas UTM30N: N 4.680.108; E 623.887. Alt: 410 m snm0
 Dimensiones: Desarrollo 40 m. Desnivel +10 m.
 Topografía: C. Galán, M. Nieto & I. Herraiz. SCA. 2018.
 Dibujo: C. Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C. Aranzadi.

PLANTA

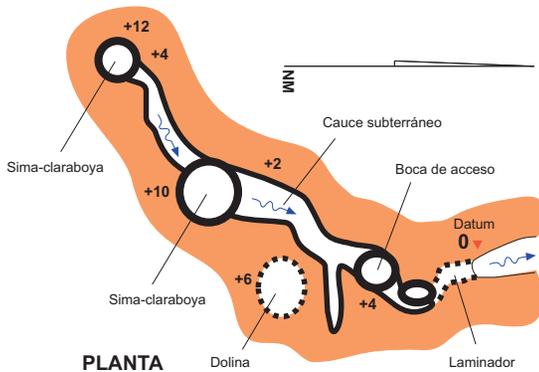


PERFIL

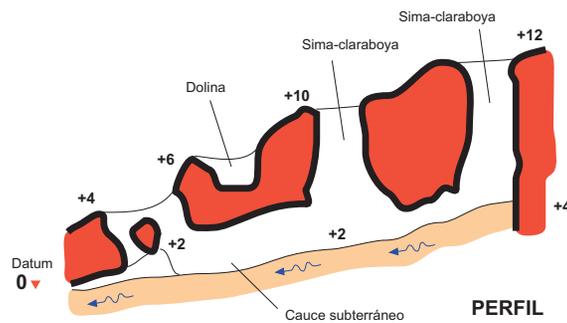
Cueva La Estroza Norte 05.



Coordenadas UTM30N: N 4.680.078; E 623.934. Alt: 415 m snm.
 Dimensiones: Desarrollo 40 m. Desnivel +12 m.
 Topografía: C. Galán, M. Nieto & I. Herraiz. SCA. 2018.
 Dibujo: C. Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C. Aranzadi.



PLANTA



PERFIL

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las siete cavidades descritas forman dos conjuntos diferenciados, que suman 320 m de desarrollo de galerías y se extienden en el talud de la meseta sobre un desnivel de 42 m (entre cotas de 375 y 417 m snm).

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 (Gutiérrez et al, 1997; Marín & Desir, 2010). La escorrentía se canaliza entonces por las grietas hacia el interior del sedimento. La disolución del sodio a nivel intergranular desflocula las arcillas y acelera su pérdida de coherencia, produciendo cierto grado de desagregación (muy variable de unos puntos a otros) que permite actuar al proceso de tubificación o piping. Los flujos de infiltración se canalizan y 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; Dunne, 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.

A raíz de las exploraciones efectuadas en años recientes, la región semidesértica de las Bardenas está mostrando que en ella se encuentran miles de cavidades en arcilla, una litología inusual para el desarrollo del karst, pero que se está revelando 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 b) y ejemplos diversos de formación de cuevas en arcilla. El medio hipógeo en las Bardenas constituye un habitat adicional, extenso, y susceptible de ser utilizado por una fauna de hábitos variablemente cavernícolas.

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, ejemplos de nuevas cavidades y sistemas hidrogeológicos, así como reportes faunísticos interesantes y curiosos.

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

- Dunne, T. 1990. Hydrology, mechanics and geomorphological implications of erosion by subsurface flow. In: Higgins, C.G. & D.R. Coates, Eds. 1990. Groundwater geomorphology: The role of subsurface water in earth-surface processes and landforms. Geological Society of America, Special Paper 252.
- Faci Paricio, E.; A. Olivé Davó; A. Martínez Arias & P.P. Hernaiz. 2002. Memoria de la Hoja 245-I, Alera. Cartografía Geológica de Navarra, escala 1: 25.000. Gobierno de Navarra. 101 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.; 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.; I. Herraiz & M. Nieto. 2018 a. Cavidades en arcilla en Cabezolobo y barranco del Gato (Bardena Blanca). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 36 pp.
- Galán, C.; I. Herraiz; M. Nieto & A. Miner. 2018b. El Sistema de la Cueva del Gato - cuenca alta del Barranco del Gato (Bardena Blanca). Publ. Dpto. Espeleo. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 47 pp.
- Gutiérrez, M.; C. Sancho; G. Benito; J. Sirvent & G. Desir. 1997. Quantitative study of piping processes in badland areas of the Ebro Basin, NE Spain. *Geomorphology*, 20: 237-253.
- 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. Geological Society of America, Special Paper 252.