

TRIPA AZUL: UN NUEVO SISTEMA DE SIMAS EN ARCILLA DE EDAD MIOCENO (BARDENA NEGRA)

Tripa Azul: a new system of abysses in clay of Miocene age (Black Bardena).



Carlos GALÁN, Marian NIETO & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Mayo 2019.

TRIPA AZUL: UN NUEVO SISTEMA DE SIMAS EN ARCILLA DE EDAD MIOCENO (BARDENA NEGRA)

Tripa Azul: a new system of abysses in clay of Miocene age (Black Bardena).

Carlos GALÁN, Marian NIETO & Juliane FORSTNER.

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Mayo 2019.

RESUMEN

El trabajo describe la exploración y estudio de un sistema de simas en arcilla, localizado en la cabecera del barranco de Tripa Azul, en el flanco Norte de una meseta en la Bardena Negra. El sistema consta de 12 simas hidrológicamente relacionadas, cuyas aguas subterráneas emergen en el talweg del barranco. La red de simas suma 288 m de galerías y se extiende sobre un desnivel de -120 m. Las cavidades se desarrollan en arcillas y lutitas ocre y rojas de la Formación Tudela (de edad Mioceno, Terciario). La mayor de ellas alcanza 91 m de desarrollo. Presentan espeleotemas aciculares y frostworks de yeso, y eflorescencias de halita. En la zona profunda habita una población troglófila de isópodos Porcellionidae. Se describen los rasgos de estas simas, ilustrando el trabajo con fotografía digital.

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

ABSTRACT

The work describes the exploration and study of a new system of clay abysses, located at the head of the Tripa Azul ravine, on the northern flank of a plateau in the Black Bardena. The system consists of 12 hydrologically related abysses whose groundwater emerges in the talweg of the ravine. The network of abysses adds 288 m of galleries and extends on an unevenness of -120 m. The cavities develop in ocher and red shales and clays of the Tudela Formation (of Miocene age, Tertiary). The largest of them reaches 91 m of development. They present acicular speleothems and frostworks of gypsum, and efflorescences of halite. In the deep zone inhabits a troglophile population of isopods Porcellionidae. The features of these abysses in clay are described, illustrating the work with digital photography.

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

INTRODUCCION

Exploraciones efectuadas en años recientes en la región semidesértica de las Bardenas han mostrado la ocurrencia de un gran número de cavidades en arcilla, una litología inusual para el desarrollo del karst. La región posee ejemplos de gran interés científico para la karstología, entre ellos los mayores sistemas de simas y cuevas en arcilla hasta ahora conocidos a nivel global (Galán, 2015; Galán et al, 2017, 2018).

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 mediante el empleo de sensores remotos. Sólo la localización de cavidades y la exploración y topografía de sus galerías subterráneas revelará sus principales rasgos. De ahí el interés en continuar 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 y sistemas hidrogeológicos.

En esta ocasión nuestro trabajo de prospección se dirigió al flanco Norte de la meseta de Tripa Azul (629 m snm de altitud), en la cabecera del barranco del mismo nombre, sector donde las imágenes de satélite, fotografía aérea y observaciones de campo sugerían la existencia de sistemas inexplorados de simas y cuevas. En el sector exploramos un sistema de 12 simas, formadas por procesos de disolución y piping a lo largo de la ladera, bajo los escarpes verticales que coronan la meseta. Las cavidades se desarrollan en lutitas y arcillas ocre y rojas de la Formación Tudela. Las aguas subterráneas emergen en el talweg del barranco, salvando un desnivel máximo (entre la sima superior y el nivel de la zona de surgencia) de -120 m. Las cavidades, de régimen hídrico temporal, poseen diversas espeleotemas y algunas especies de fauna cavernícola.

MATERIAL Y METODOS

En la prospección y exploración de las simas 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 (brújula, clinómetro y cinta métrica). Los planos fueron dibujados en formato digital con programa Freehand. Muestras de fauna y espeleotemas fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Se tomaron fotos a color con una cámara digital Panasonic, a fin de ilustrar los rasgos de las cavidades y la geomorfología de su entorno.

RESULTADOS

La región de las Bardenas es una antigua cuenca endorreica que reposa en su parte basal en una espesa secuencia de arcillas y yesos (Formación Lerín, de edad Mioceno), a la que suprayace una secuencia margo-arcillosa superior 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 zonas planas inferiores.

Los taludes del flanco N de la meseta de Tripa Azul están constituidos por materiales arcillosos (con intercalaciones delgadas de calizas y margas) de la Formación Tudela, de edad Mioceno (Aragoniense). En el área de estudio, Faci Paricio et al (2006) han cartografiado tres unidades litoestratigráficas: (1) En el tope de la meseta aflora una unidad de arcillas rojas, margas y calizas (unidad 399 en la Cartografía Geológica de Navarra, SITNA), que tiene por base un estrato calizo muy visible de 4 m de potencia. (2) Bajo él, en los flancos y paredes subverticales de la meseta, aflora un nivel de arcillas ocre y rojas con espesores de 75 m (unidad 398), el cual contiene delgadas intercalaciones de nivelitos de margas y areniscas con profusión de paleocanales. (3) A menores cotas se desarrolla otra unidad de arcillas y margas ocre y grises con nivelitos de caliza y margocaliza (unidad 396), de espesor variable, dependiendo de su interdigitación con unidades lutíticas infrayacentes. Llega a alcanzar 100 m de espesor. Las arcillas son algo limosas y generalmente de tonalidades ocre, aunque también son frecuentes niveles grises en tramos de espesor decimétrico a métrico. Los nivelitos de caliza tienen texturas de tipo grainstone y grano fino, y se manifiestan en capas decimétricas. Las capas de margas son también frecuentes, de color gris y espesores centimétricos a decimétricos. Las cavidades exploradas se encuentran en los niveles medio (unidad 398) e inferior (unidad litológica 396). El drenaje subterráneo atraviesa ambos niveles. Las cavidades que actúan como surgencia (temporal) se localizan en el nivel inferior.

Desde el punto de vista sedimentológico, la unidad 398 representa un sistema fluvial que hacia el N pasa a una llanura lutítica distal con pequeños lagos carbonatados. La unidad 396 presenta distintos episodios de sedimentación caliza en pequeños lagos de carácter relativamente efímero y salino, alternando con extensos episodios en los que domina la sedimentación terrígena en ambientes de llanura lutítica aluvial, surcada localmente por pequeños canales fluviales sinuosos.

La cuenca endorreica de las Bardenas se rellenó de sedimentos fluvio-lacustres (fundamentalmente arcillosos y margosos) 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 de formas caprichosas característicos de la región. Durante el Cuaternario, la dinámica erosiva fluvial ha seguido profundizando el modelado regional, a lo que han contribuido los procesos subterráneos de tubificación o piping, con la consiguiente formación de cavidades.

En el talweg de los barrancos se encuentran acumulaciones detríticas aluviales-columviales, que incluyen bloques colapsados de las laderas, así como rellenos de arcillas, arenas y gravas, con cantos angulosos de tamaño muy variable y edad Holoceno. En estos depósitos arcillosos resulta difícil discriminar entre la parte derivada de un origen fluvial y la que posee un origen gravitacional.

La región es árida a semidesértica y en ella se desarrollan importantes sistemas de cavidades formadas por procesos de piping en arcillas dispersivas ricas en sales de sodio. La disolución interviene en las fases iniciales y subsecuentes, ya que también ocurre la precipitación de minerales secundarios en forma de espeleotemas en las galerías actuales.

Las cavidades descubiertas se localizan sobre el flanco N de la cumbre de Tripa Azul (629 m snm), en territorio de Navarra, a escasos 400 m del límite con Aragón. El sector constituye la cabecera del barranco de Tripa Azul y está situado bajo los escarpes verticales que coronan la meseta y descienden en fuerte pendiente hacia la planicie central inferior de las Bardenas. Este barranco confluye con los de La Nasa y Los Sorianos para tributar al embalse de Zapata, en la cuenca del barranco del Belcho, tributario a su vez del barranco de Las Limas, que desagua en el Ebro.

La mayoría de las cavidades se localiza en una amplia depresión existente en un collado (cota 460 m snm), al N de la proa o prominente punta de Tripa Azul, en la cabecera del barranco. Esta depresión, de 50 m de diámetro, alberga 10 simas y 4 dolinas, de las cuales sólo dos alcanzan cierto desarrollo (Simas de Tripa Azul 01 y 02). Inmediatamente al NE hay otra depresión abierta, de 40 m de diámetro, que alberga la cavidad de mayor desarrollo (Sima de Tripa Azul 03). Y sobre el espolón N, a mayor altura (cota 550 m snm), se localiza la sima de mayor profundidad (Sima de Tripa Azul 04). Sólo catalogamos y presentamos la topografía de las 4 cavidades mayores, aunque todas ellas serán descritas e ilustradas con fotografías. Para una visión de conjunto ver Figuras 01 a 04. La referencia para las coordenadas UTM es la cartografía digital SITNA, contrastada con datos de campo.

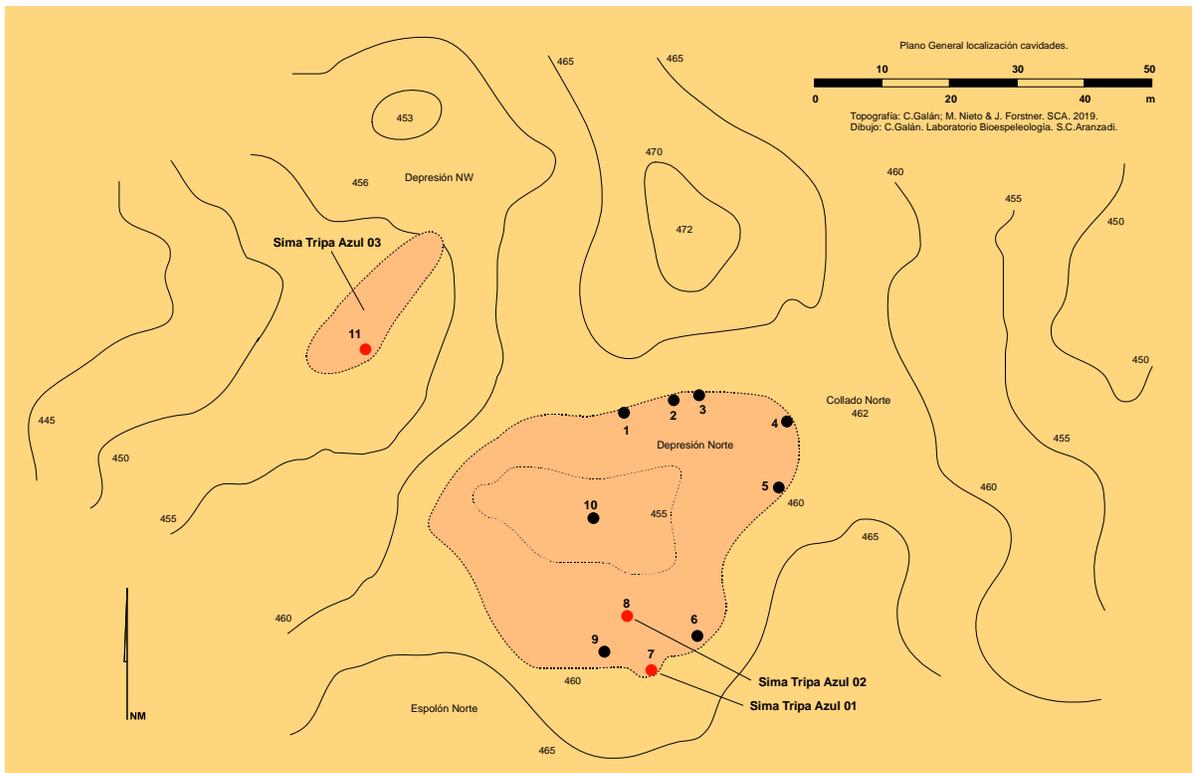
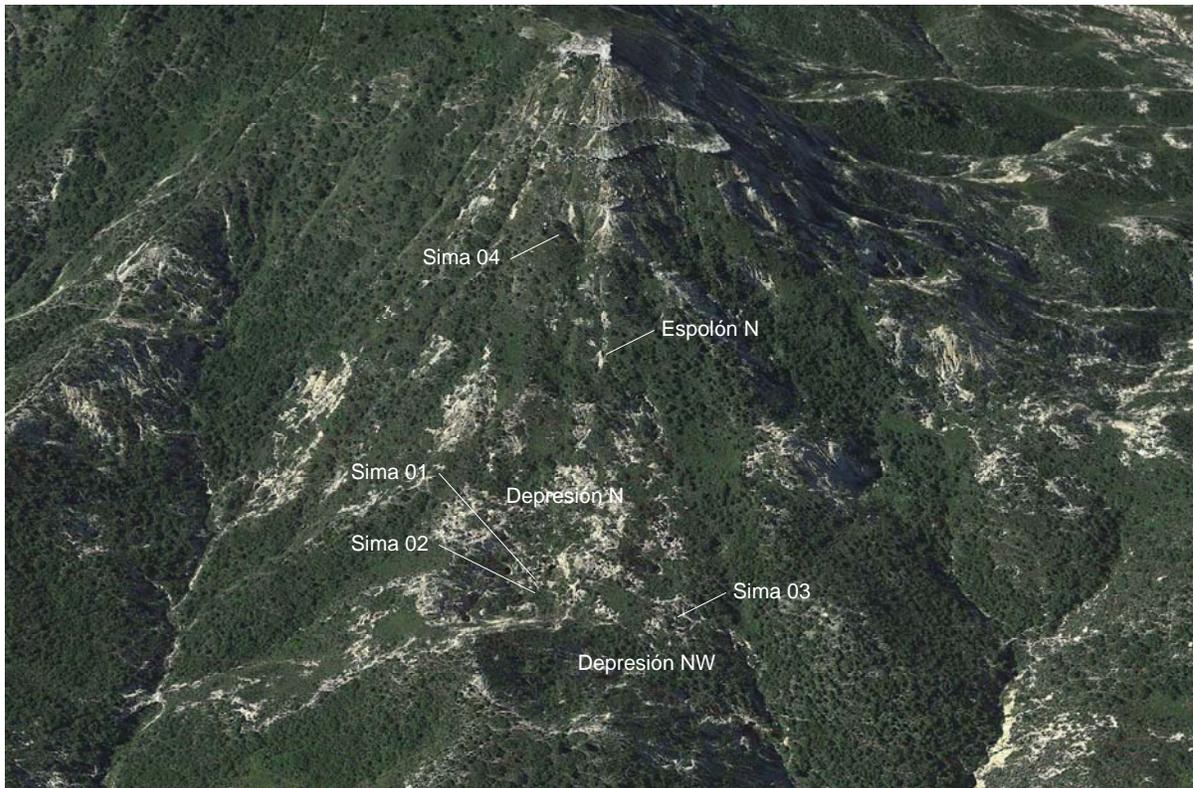


Figura 01. Imagen de satélite del espolón N de Tripa Azul (visto desde el N) con la localización de cavidades (arriba). Fuente imagen: Google Earth. Plano esquemático de ubicación de cavidades en la depresión del collado N (debajo).

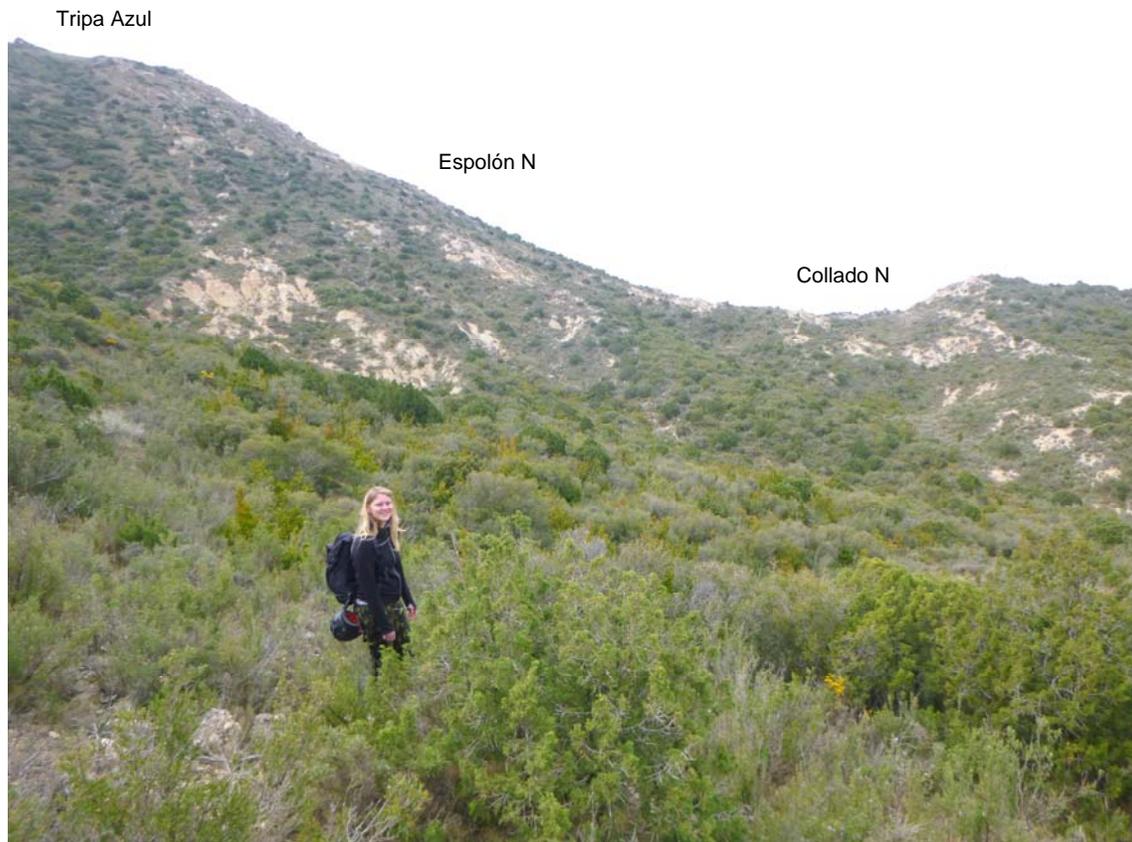


Figura 02. Aproximación al collado y espolón N de Tripa Azul, vistos desde el E (arriba) y entallamiento del relieve por cárcavas en la cabecera del barranco de Tripa Azul (debajo).



Figura 03. Solapa rocosa de margas en la cota 430 m snm de talweg del barranco de Tripa Azul.



Figura 04. Ascenso hacia el collado N desde el talweg del barranco (zona de surgencia) y depresión del collado N, vista desde el espolón N, con ubicación de las principales cavidades. Se aprecia también la boca cuadrada.



Figura 05. Depresión del collado Norte, con el estrato marcador de margas grises, bajo el cual se desarrollan las 10 primeras cavidades. Se aprecia la boca cuadrada de la primera cavidad y la solapa con las simas segunda y tercera.



Figura 06. La primera cavidad de la depresión N, de boca cuadrada y una sala interna de 6 m de desarrollo.



Figura 07. La segunda y tercera simas (de -4 m y -7 m) se abren bajo el estrato de margas que contornea todo el perímetro de la depresión cerrada de la cota 460 m snm, en el collado Norte.



Figura 08. Tercera sima, de -7 m. Como no se divisa todo el perímetro del fondo fue necesario descender con jumars. El suelo del fondo es plano y está colmatado de arcilla húmeda, con pipes menores. Se aprecian también eflorescencias de halita sobre las paredes.



Figura 09. La cuarta sima es un zanjón con tres depresiones internas, de -4 á -5 m (arriba). La quinta cavidad es una sima tubular de 4 m de diámetro y -8 m de desnivel (debajo), con su fondo cegado por sedimentos detríticos finos.



Figura 10. Boca de la sexta sima, de -4 m (arriba), también tubular y cegada por sedimentos. Y vista hacia la boca de la séptima cavidad (debajo), una cueva-sima que catalogamos como Sima de Tripa Azul 01, de 17 m de desarrollo. Obsérvese la ocurrencia de muchos otros pipes menores.



Figura 11. Sima Tripa Azul 01 (séptima cavidad explorada). La entrada, descendente, está cortada por una sima vertical de -7 m. En el lado opuesto prosigue en galería horizontal con una amplia sala, de 10 m de largo.



Figura 12. Sima Tripa Azul 01. Vista hacia la boca y techo de la sala interna, bajo un estrato fracturado de margas, con algunas eflorescencias blancas de halita y recubrimientos grises de espeleotemas de yeso.



Figura 13. Cruzando en escalada sobre la sima de -7 m y detalle de la misma, con numerosos pipes y surcos verticales. Sima Tripa Azul 01 (séptima cavidad explorada).



Figura 14. La octava cavidad (Sima Tripa Azul 02) se localiza detrás de una torre de arcilla. Su boca es una sima tubular de escaso diámetro y -4 m de desnivel, que puede descenderse en oposición con ayuda de cuerda.



Figura 15. Detalles del descenso de la vertical de acceso de la Sima Tripa Azul 02, que prosigue en rampa. Sus paredes presentan algunas eflorescencias de halita, que también se encuentran en partes secas del interior.



Figura 16. Sima Tripa Azul 02. Galería descendente con numerosas espeleotemas aciculares de yeso.



Figura 17. Detalle de espeleotemas aciculares y frostworks de yeso, en la Sima Tripa Azul 02.



Figura 18. Sima Tripa Azul 02. Espeleotemas aciculares de yeso, raíces y zonas con bandeados de arcillas rojas.



Figura 19. Pasos estrechos de acceso al meandro inferior (cota -12 m) de la Sima Tripa Azul 02.



Figura 20. Meandro inferior y pequeños laterales en el fondo de la Sima Tripa Azul 02, con espeleotemas de yeso.

Descripción general.

Remontando la rama principal del barranco de Tripa Azul, al alcanzar un escalón bajo una solapa rocosa en la cota 430 m snm, se asciende hacia el collado N (cota 462 m snm), donde se localiza una amplia depresión cerrada. En su interior, bajo el tope de un estrato marcador de margas grises (cota 460 m snm) se localizan 10 simas y 4 dolinas, junto a otras oquedades y pipes menores.

En el lado NW se abre una cueva, de boca cuadrada, que da paso a una salita más amplia, de 6 m de desarrollo (primera cavidad, Figuras 05 y 06). A escasos metros al E de la misma, bajo una solapa rocosa, se abren la segunda y tercera cavidad, que son dos simas tubulares de -4 m y -7 m de desnivel, finalizadas en tapón horizontal de sedimentos con pipes menores (Figuras 07 y 08); la tercera sima requirió descenso con jumars para verificar que el fondo, más amplio, no tenía continuaciones.

La cuarta cavidad, situada en el lado NE, es un zanjón, con tres depresiones internas de -4 á -5 m, cegado por bloques y sedimentos. La quinta es una sima más amplia, tubular, de 4 m de diámetro y -8 m de desnivel, situada en el lado E del perímetro de la depresión (Figura 09).

En el lado Sur se abre la sexta sima, también tubular y de -4 m, con su fondo cegado. Al lado de ella, al SW, se abre la séptima, una cueva-sima que catalogamos (Sima de Tripa Azul 01). Su entrada, descendente, está cortada por una sima de -7 m, que puede cruzarse en escalada hacia una continuación horizontal con una sala amplia de 10 m (descripción aparte, Figuras 10 á 13).

A escasos metros al N de la cavidad anterior se eleva una cresta arcillosa en forma de torre y, tras ella, se abre una boca de 1 m de diámetro (octava cavidad, que catalogamos como Sima de Tripa Azul 02, y que será descrita en detalle aparte). Tras un descenso vertical y luego en rampa, prosigue en galería hasta un meandro inferior en la cota -12 m. La cavidad tiene 25 m de desarrollo y posee numerosas espeleotemas, frostworks de yeso y eflorescencias de halita (Figuras 14 á 20).

Al SW de la misma hay otra sima tubular (novena cavidad) que se amplía en su base bajo una solapa de margas y tiene un curioso diseño interno, con suelo cónico y perímetro circular más amplio (Figura 21).

En el centro y punto más bajo de la depresión cerrada se abre entre vegetación arbustiva la décima cavidad, una sima en rampa que desciende -7 m de desnivel, finalizando en obstrucción por bloques y sedimentos. Al W de la misma hay tres dolinas o hundimientos menores, de -2, -4 y -6 m, teniendo sólo una corta galería la última de ellas, situada en el lado W (Figura 22).

El conjunto de las simas descritas suma 107 m de desarrollo de galerías, de los cuales 17 m corresponden a la Sima Tripa Azul 01 y 25 m a la Sima Tripa Azul 02. Pero dado que están incluidas en una depresión cerrada, de 50 m de diámetro mayor, también podría considerarse que constituyen una única cavidad, de 157 m (107 + 50), con un desnivel máximo de -14 m (que se alcanza en fondo de la Sima de Tripa Azul 02).

Al NW de la depresión descrita se localiza otra amplia depresión, abierta en su lado W (cota 455 m snm). Esta contiene una dolina en su lado N (de -6 m de desnivel) y una depresión-sima alargada y de trazado complejo, con varias zonas bajas, en una de las cuales se abre una galería subhorizontal, relativamente larga (Sima de Tripa Azul 03) la cual finaliza en obstrucción por bloques, con un laminador en la cota -15 m. La galería principal alcanza 54 m de desarrollo, pero está incluida en una depresión cerrada de 20 m de largo, con tres simas-oquedades adicionales (de -5, -8 y -4 m), por lo que la cavidad en su conjunto suma 91 m de desarrollo espacial de galerías (Figuras 23 á 29).

Al Sur de las dos depresiones citadas, sobre el espolón N, se abre otra cavidad (Sima de Tripa Azul 04), en la cota 550 m snm. Esta sima posee -17 m de desnivel y 40 m de desarrollo y será descrita por separado (Figuras 30 y 31).

La(s) zona(s) de surgencia se localizan lateralmente sobre los flancos de los barrancos, bajo el collado, entre cotas de 440 á 430 m snm. Sobre el flanco E encontramos dos surgencias temporales y deben existir otras a nivel del talweg (Figura 32). Algo parecido debe ocurrir en el flanco W, no explorado en detalle, y tal vez con la posibilidad de hallar cuevas adicionales. El sistema se extiende así sobre un desnivel de -120 m y una distancia en planta de 280 m. El conjunto de las 12 simas suma un desarrollo de 288 m de galerías: 157 m en la depresión 1 + 91 m en la depresión 2 + 40 m en la Sima 04. A continuación, la descripción detallada de las 4 cavidades mayores (planos en Figuras 33 á 35).

Sima Tripa Azul 01.

Situación: A 280 m en planta al N de la Punta Norte de la meseta de Tripa Azul.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.830; E 632.034; Altitud 460 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -7 m; Desarrollo espacial: 17 m. Figuras 10 á 13. Plano en Figura 33.

Descripción: La boca, de 3 m de diámetro, se abre en el lado Sur de la primera depresión, bajo una solapa rocosa formada por un estrato fracturado de margas grises. La entrada, descendente, está cortada por una sima de -7 m de desnivel, que presenta en el lado opuesto una galería horizontal. La sima es un tubo vertical en arcilla, con numerosos pipes y surcos en sus paredes. Se amplía en su base a 5 m de diámetro, con suelo plano cegado por sedimentos arcillosos y algunos bloques pequeños desprendidos del estrato de margas. Cruzando en escalada sobre la sima se alcanza una galería horizontal, de 3 m de altura, que forma una sala más amplia bajo el estrato. En su parte final el suelo es ascendente y alcanza el techo plano del estrato de margas, fracturado por una red poligonal de diaclasas. Las paredes ocre presentan algunos tramos con arcillas rojizas. La cavidad posee recubrimientos delgados blancos de espeleotemas de halita y algunos otros de yeso. En el borde de la sima hay también pequeñas espeleotemas de mica-illita formadas, por fluidificación de las arcillas. El drenaje temporal percola a través de los materiales arcillosos del fondo.

Sima Tripa Azul 02.

Situación: A 10 m al NNW de la Sima de Tripa Azul 01.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.840; E 632.029; Altitud 458 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -12 m; Desarrollo espacial: 25 m. Figuras 14 a 20. Plano en Figura 33.

Descripción: A escasos metros al N de la Sima de Tripa Azul 01 se eleva una cresta arcillosa en forma de torre (fácil de reconocer) y, tras ella, se abre una pequeña boca de sima, de 1 m escaso de diámetro. La sima tiene -4 m de desnivel y se puede descender en oposición con ayuda de cuerda. Su base se amplía a algo más de 4 m de diámetro, con un cono de derrubios en su centro. Por un costado la cavidad prosigue en galería en rampa pronunciada, con algunos pasos de techo bajo. En la cota -9 m se alcanza una ampliación o salita. A través de otro paso estrecho y un pequeño resalte vertical se alcanza otra ampliación con un meandro inferior de suelo húmedo. Tiene pequeñas prolongaciones ascendentes y, a nivel del suelo, el cauce se encaja en una gatera-laminador impracticable (cota -12 m). La cavidad tiene 25 m de desarrollo y posee numerosas espeleotemas aciculares y frostworks de yeso cristalino, que crecen sobre todo en la base de las paredes y sobre suelos húmedos, aparentemente formados por evaporación y ascenso capilar de las soluciones. En los techos secos hay también algunas eflorescencias salinas de halita.

Sima Tripa Azul 03.

Situación: A 60 m al NW de la Sima de Tripa Azul 02.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.892; E 632.004; Altitud 455 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -15 m; Desarrollo espacial: 91 m. Figuras 23 a 29. Plano en Figura 34.

Descripción: La cavidad se localiza en la segunda depresión (cota 455 m snm). Forma un complejo zanjón en declive, de 20 m de largo, con varias hondonadas o simas internas. Para alcanzar las mismas hay que efectuar varios descensos en distintos puntos, ya que unas oquedades están alejadas de otras.

Entrando por la parte Norte, más elevada, se encuentran tres simas internas, de -5, -8 y -4 m, que enlazan sus bases a través de estrechos laminadores, y finalizan en una obstrucción por bloques. El suelo desciende a lo largo del zanjón y, dentro de la misma depresión, separada por un tabique, se encuentra en la parte media la hondonada más baja o profunda, con vegetación en su interior y oquedades menores. Descendiendo directamente hacia este fondo aparente se baja una vertical (en rampa pronunciada) hasta la cota -8 m, donde se alcanza una repisa con vegetación, que prosigue en galería techada subvertical hasta la cota -12 m. En este punto la cavidad prosigue a través de una galería horizontal, relativamente larga y amplia.

Esta galería inferior tiene una sección media de 3-4 m de alto x 1,5-2 m de ancho, con numerosas revueltas, ampliaciones y estrechamientos, a lo largo de un recorrido de 44 m. Su suelo posee un cauce entallado de arcilla húmeda, con huellas evidentes de circulación periódica de agua. La galería-meandro desciende ligeramente hasta una ampliación con colapsos y un laminador inferior que se torna impracticable en la cota -15 m. Desde el borde de descenso el desarrollo de este tramo Sur es de 54 m. Pero considerando las simas del sector N y el eje mayor del zanjón (depresión cerrada de 20 m de largo), la cavidad suma un desarrollo de conjunto de 91 m. A lo largo de la galería se encuentran numerosos crecimientos de espeleotemas aciculares y frostworks de yeso, recubrimientos de halita y pequeñas estalactitas y coladas de mica-illita.

En la cavidad habita en la galería inferior una población troglófila de crustáceos isópodos *Porcellio haasi* Arcangelli, 1925 (Porcellionidae). La especie es endémica de la península ibérica y se distribuye por parte del N y E peninsular, sobre la extensa cuenca del Ebro, desde Navarra y La Rioja, a través de Huesca y los Monegros, hasta el litoral Mediterráneo. Los ejemplares de este isópodo terrestre, oculados y con manchitas amarillas en el dorso, eran levemente depigmentados y de 15 mm de talla. De hábitos micrófagos, se alimentan de materiales orgánicos en zonas con restos vegetales y raicillas que alcanzan la galería. Aunque la especie es frecuente en suelos y troncos en barrancos secos, no había sido reportada previamente para el ambiente de cuevas.

Sima Tripa Azul 04.

Situación: A 100 m en planta al N de la Punta Norte de la meseta de Tripa Azul y a 180 m al Sur de la Sima 01.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.666.650; E 632.040; Altitud 550 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -17 m; Desarrollo espacial: 40 m. Figuras 30 y 31. Plano en Figura 35.

Descripción: La cavidad se localiza sobre el espolón N de la Punta Norte de Tripa Azul, a 90 m de desnivel por encima de las depresiones del collado N, en una especie de depresión embudiforme que es la continuación de un talweg inciso poco marcado. La boca es amplia y se abre en pendiente, capturando el drenaje temporal del estrecho cauce superior. Desde el punto de más fácil acceso tiene una vertical en rampa de 25 m de largo y -17 m de desnivel. Su parte baja forma una sala más amplia con fondo plano, cuya bóveda presenta una claraboya de +10 m. El fondo de la cavidad es un derrumbe, con espacios entre bloques acuñados, entre los cuales se divisa la luz de una depresión-dolina abierta algo más abajo en la ladera.

El drenaje subterráneo, temporal, parece seguir en dirección N, hacia el collado inferior, ya que a lo largo de la ladera hay varios pequeños hundimientos que sugieren el colapso sobre conductos subterráneos. El desarrollo total de la cavidad es de 40 m, estando en zona iluminada o en penumbra. Diversos indicios sugieren que el drenaje de esta cavidad se dirige bajo el collado N para unirse a los de las simas de la depresión N y derivar hacia una zona surgente en el barranco E, mientras que el drenaje de la sima 03 (en la depresión NW) parece derivar hacia el barranco W.



Figura 21. Novena cavidad, situada al SW de la Sima Tripa Azul 02. Es una simita tubular que se amplia en su base bajo una solapa de margas y tiene un curioso diseño interno, con suelo cónico y perímetro circular más amplio.



Figura 22. En el centro y punto más bajo de la depresión se abre entre la vegetación la décima cavidad, una sima en rampa de -7 m, finalizada en obstrucción por bloques y sedimentos. Al W de la misma hay tres hundimientos menores, de -2, -4 y -6 m, teniendo una corta galería el último de ellos, situada en el lado W. En este sector hay muchas eflorescencias de halita en superficie, similares a las que se encuentran en el interior de las simas.



Figura 23. Sector Norte (arriba) y Sur (debajo) de la Sima Tripa Azul 03 (onceava cavidad), localizada en un zanjón cerrado de trazado complejo. La depresión-sima tiene 20 m de largo y hay que bajar por distintos puntos para explorar sus diversas zonas bajas internas. La mayor de ellas tiene una galería de 54 m y la sima en conjunto totaliza 91 m.



Figura 24. Descenso al sector más profundo (en el lado Sur) de la Sima Tripa Azul 03. Puede apreciarse que además de las simas-hundimientos del irregular fondo, hay numerosos pipes y pequeños conductos adicionales.



Figura 25. Amplia galería-meandro en la cota -12 m de la Sima Tripa Azul 03, con de detalle de frostworks de yeso.



Figura 26. En la galería inferior de la Sima Tripa Azul 03 hay numerosas espeleotemas aciculares y frostworks de yeso, así como eflorescencias de halita. Nótese el cauce temporal, con arcilla húmeda.



Figura 27. En muchas partes de las paredes hay pequeñas estalactitas y coladas de mica-illita, formadas por fluidificación de las arcillas en épocas húmedas (arriba). Cauce subterráneo de régimen temporal (debajo).



Figura 28. La galería meandriforme, con numerosas revueltas, alterna tramos amplios y pasos más estrechos.



Figura 29. Detalle de arrastraderos y tramos más amplios en la galería de la Sima Tripa Azul 03, de 91 m de desarrollo.



Figura 30. Sima Tripa Azul 04 (doceava sima), de -17 m de desnivel, localizada a mayor altitud, sobre el espelón N.



Figura 31. Sima Tripa Azul 04. La cavidad posee una claraboya adicional y en la cota -17 m enlaza entre bloques con una depresión inferior (flecha roja), siguiendo un trazado hacia el N, bajo el espolón.

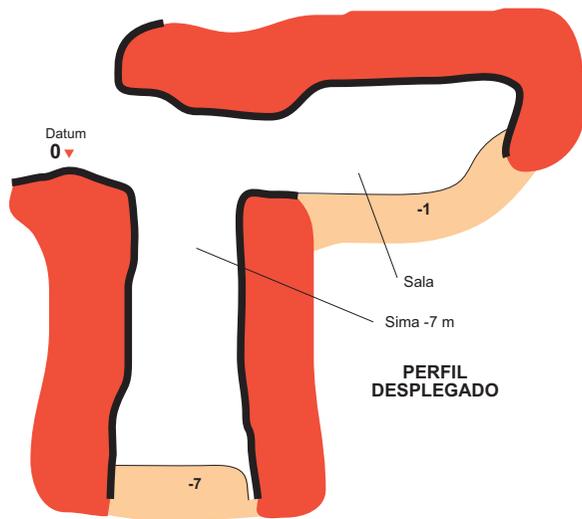
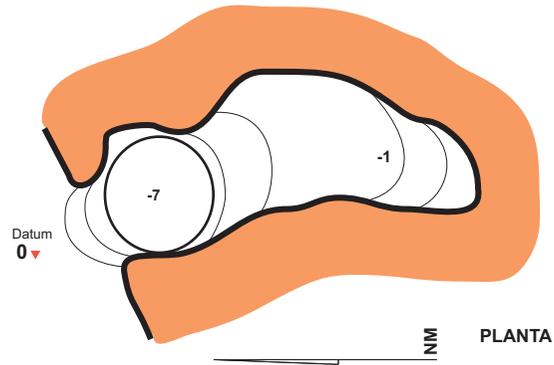


Figura 32. Pequeñas cavidades surgentes en torno a la cota 435 m snm en la cabecera del barranco de Tripa Azul. La red hidrogeológica inferior del sistema es dendrítica y desagua a través de un conjunto de surgencias dispersas. El sistema totaliza 288 m de desarrollo de galerías, extendidas sobre un desnivel de -120 m.

Sima Tripa Azul 01



Coordenadas ETRS89, UTM30N:
 N 4.666.830; E 632.034. Altitud: 460 m snm.
 Dimensiones: Desnivel: -7 m. Desarrollo espacial: 17 m.
 Topografía: C.Galán; M. Nieto & J. Forstner. SCA. 2019.
 Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



Sima Tripa Azul 02



Coordenadas ETRS89, UTM30N:
 N 4.666.840; E 632.029. Altitud: 458 m snm.
 Dimensiones: Desnivel: -12 m. Desarrollo espacial: 25 m.
 Topografía: C.Galán; M. Nieto & J. Forstner. SCA. 2019.
 Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.

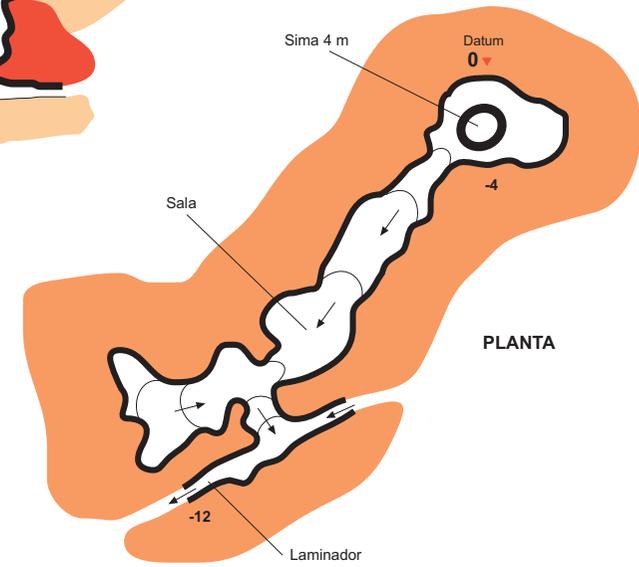
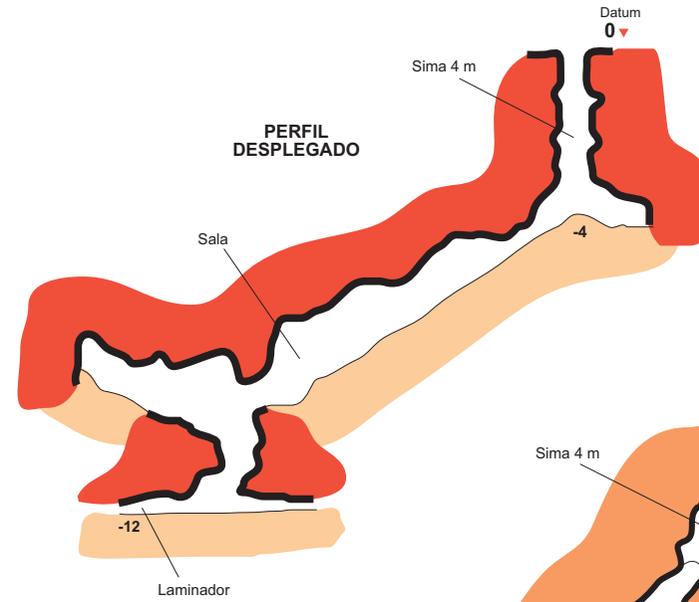


Figura 33.
 Plano de las simas 01 y 02.

Figura 34. Plano de la sima 03.

Sima Tripa Azul 03



Coordenadas ETRS89, UTM30N:
N 4.666.892; E 632.004. Altitud: 455 m snm.
Dimensiones: Desnivel: -15 m. Desarrollo espacial: 91 m.
Topografía: C. Galán; M. Nieto & A. Forstner. SCA. 2019.
Dibujo: C. Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C. Aranzadi.

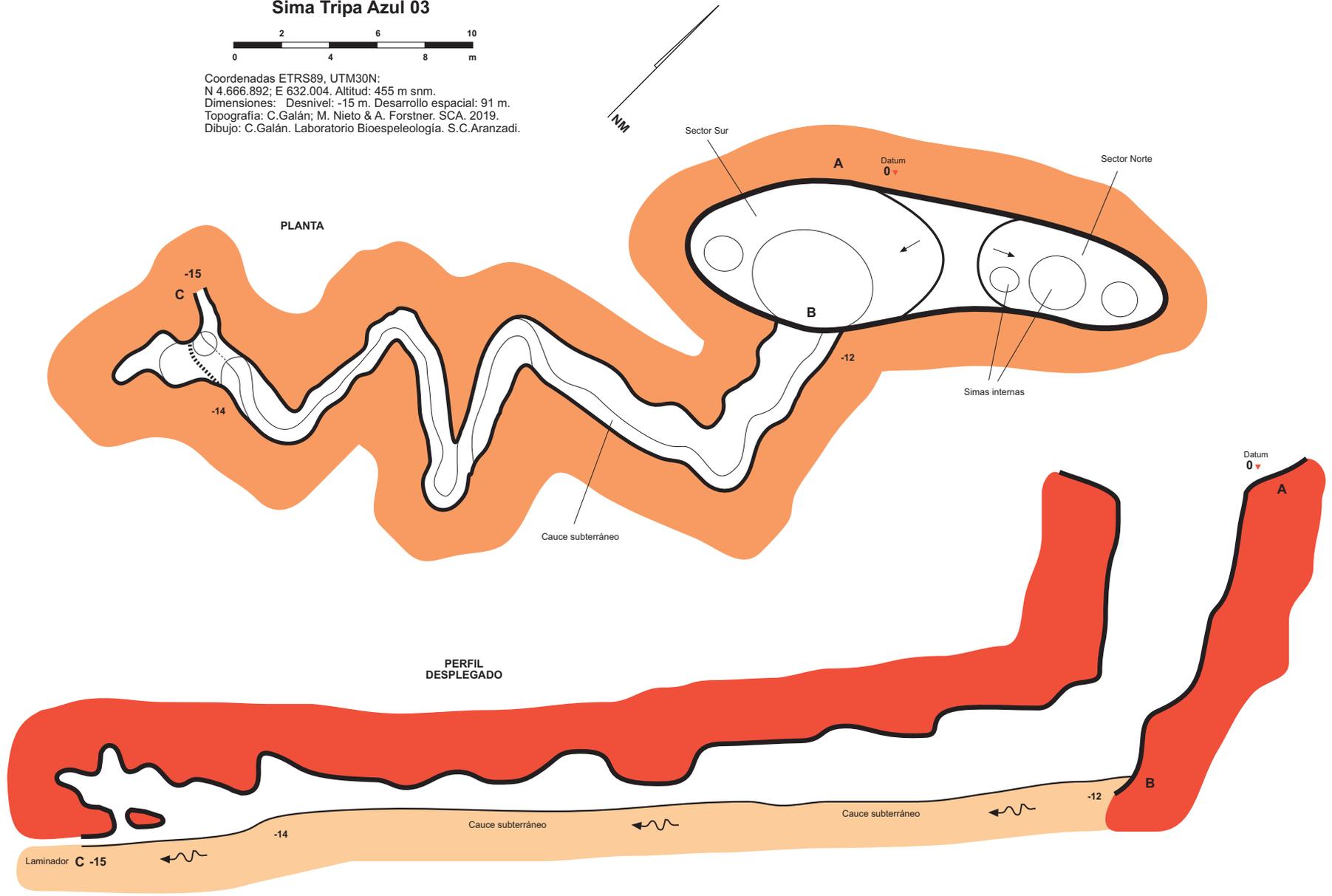
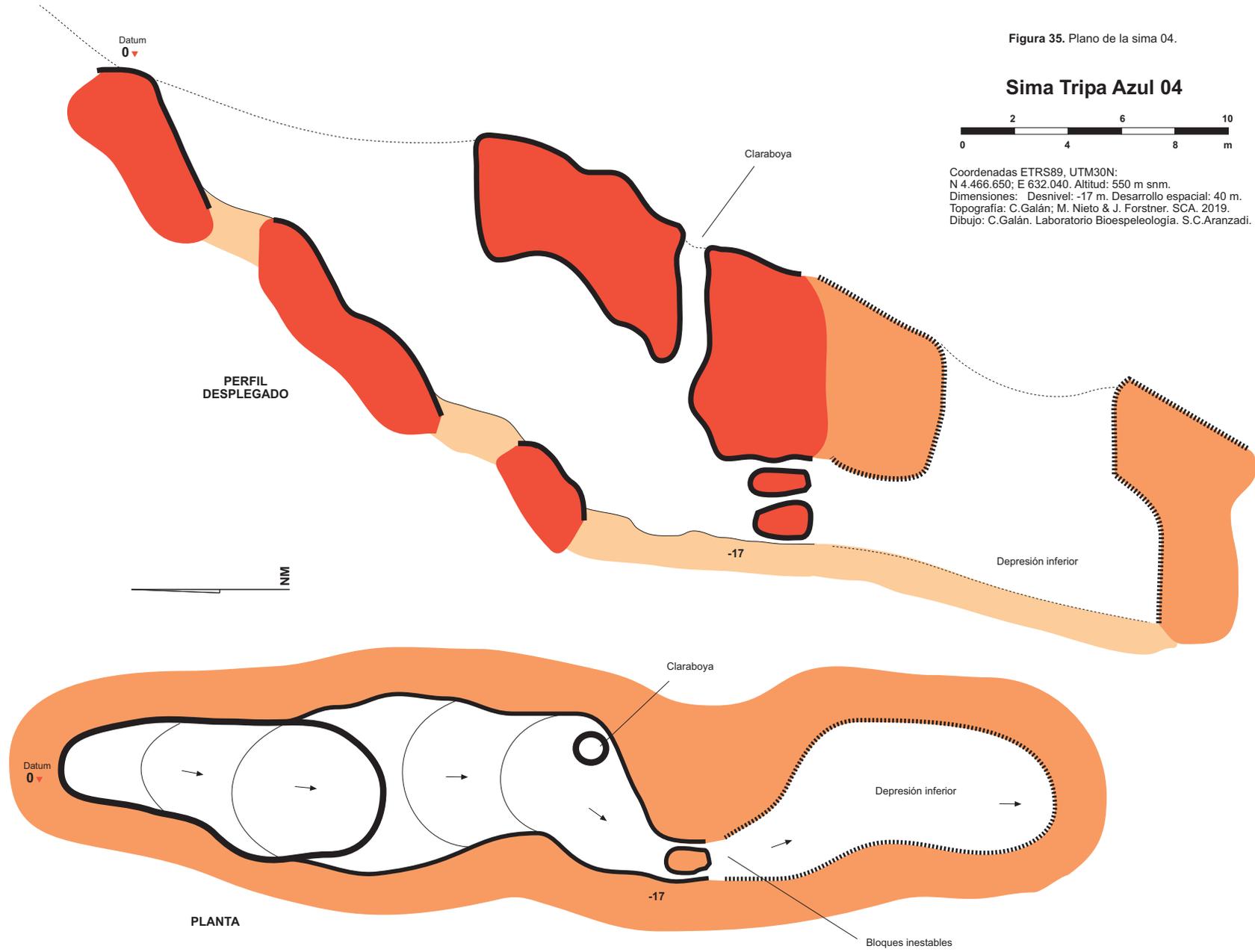


Figura 35. Plano de la sima 04.

Sima Tripa Azul 04



Coordenadas ETRS89, UTM30N:
N 4.466.650; E 632.040. Altitud: 550 m snm.
Dimensiones: Desnivel: -17 m. Desarrollo espacial: 40 m.
Topografía: C.Galán; M. Nieto & J. Forstner. SCA. 2019.
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Biospeleología. S.C.Aranzadi.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

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.

Las arcillas y 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 que permite actuar al proceso de piping. Los flujos de infiltración se canalizan y generan conductos subterráneos tubulares (pipes), los cuales conducen el drenaje temporal y evolucionan excavando volúmenes mayores de roca, generando de este modo simas y cavernas.

Lo curioso del sistema explorado es que se localiza en el interfluvio entre dos ramas de la cabecera del barranco, a lo largo del espólón N de la punta de Tripa Azul. El drenaje de la sima 04 se dirige directamente al N, bajo la depresión mayor del collado Norte. A lo largo de su trazado hay en superficie algunos puntos con pequeñas depresiones y zanjas. Las galerías de las simas de la depresión Norte llegan a profundizar -12 m, pero todas finalizan colmatadas de sedimentos finos y/o por colapso de los conductos en un nivel plano en torno a la cota 445 m snm. Este sector presenta un ligero buzamiento de 2 a 4° hacia el NE, y dado que existe en el flanco de este barranco al menos dos surgencias dispersas (en cotas de 440 a 430 m snm), suponemos que el drenaje principal se dirige hacia el talweg de este barranco E. En cambio, en la depresión NW, la sima 03 posee una galería subhorizontal que se dirige hacia el W y alcanza la cota 435 m snm. Su trazado sugiere un drenaje hacia el barranco W, donde pueden existir otros puntos de surgencia, en torno a la cota 430 m snm. En todo caso, las galerías inferiores de las simas 02 y 03, con cauces temporales de arcilla húmeda, y los rellenos planos del fondo de otras simas (con pipes menores), no muestran una concentración de las filtraciones en un único colector. Más bien los rasgos observados sugieren que en torno a la cota 440-435 m snm se organiza una red dendrítica subhorizontal, que desagua en forma dispersa en y en torno a los talwegs en la cabecera de los barrancos.

Los procesos de piping aprovechan las diferencias de potencial hidráulico entre distintos puntos. La infiltración vertical tiende entonces a organizar una red de drenaje subterráneo horizontal, con desagüe hacia los puntos bajos de surgencia en los talwegs. Sobre el terreno se aprecian muchos pipes menores y dolinas cegadas por colapso de los materiales arcillosos.

Dado la variabilidad de las precipitaciones, en esta región árida a semi-desértica, la red hidrológica es de régimen temporal. Las crecidas, con fuerte poder erosivo, amplían los conductos, pero a la vez son frecuentes los colapsos, por la inestabilidad de los materiales arcillosos. El material desprendido por colapso amplía también las galerías al resultar removido en subsecuentes crecidas. Esto puede dar lugar a desarrollos dendríticos, a obstrucciones en galerías y fondos de sima, y también a una alternancia de morfologías en los conductos, con galerías amplias, meandros estrechos, laminadores y/u otros rasgos geomorfológicos, como se puede apreciar en las cavidades descritas. El desarrollo de los procesos de piping y erosivos conduce a formar simas y galerías colectoras, pero también las obstruye. El colapso y/o subsidencia del terreno sobre la red de conductos puede producir a su vez el entallamiento del relieve de superficie y el desmantelamiento y destrucción de cavidades. Se trata así de un sistema complejo, de dinámica no-lineal, donde la roca-caja y los rellenos detríticos son sometidos reiteradamente a piping y erosión.

El mecanismo de piping es el proceso fundamental que actúa en la formación de estas cavidades, pero, como ha sido dicho, también existe cierto grado de disolución de los materiales parentales. La presencia de espeleotemas y recubrimientos de yeso y halita constituye una evidencia de que existe disolución en las arcillas y una posterior precipitación de yeso secundario en las paredes de las galerías. Y esto ocurre tanto en la roca-caja como en los rellenos de suelos y bloques de colapso, en las galerías actualmente penetrables.

Estas cavidades constituyen a la vez 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. En este caso, encontramos en la sima 03 una población troglófila de isópodos terrestres Porcellionidae, de una especie no reportada previamente para el ambiente de cuevas en la región.

El trabajo aporta nuevos datos sobre formación de cavidades en arcilla, así como detalles de interés biológico, mineralogía de espeleotemas y notas sobre la geomorfología y dinámica 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

- 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.; 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.; 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.
- 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.
- 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.