

**EL SISTEMA DE LA CUEVA DEL GATO - CUENCA ALTA DEL BARRANCO DEL GATO  
(BARDENA BLANCA).**

The Cat Cave System - high basin of the Gully Cat (Bardena Blanca).



**Carlos GALÁN, Iñigo HERRAIZ, Marian NIETO & Ainhoa MINER.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Junio 2018.

# EL SISTEMA DE LA CUEVA DEL GATO - CUENCA ALTA DEL BARRANCO DEL GATO (BARDENA BLANCA).

The Cat Cave System - high basin of the Gully Cat (Bardena Blanca).

---

**Carlos GALÁN, Iñigo HERRAIZ, Marian NIETO & Ainhoa MINER.**

Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi.

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

E-mail: cegalham@yahoo.es

Junio 2018.

## RESUMEN

El trabajo describe la exploración y estudio de un nuevo sistema de simas y cuevas en arcilla, localizado en la cuenca alta del barranco del Gato (zona Norte de la Punta de la Estroza, Bardena Blanca). El sistema consta de cuatro cavidades principales, hidrológicamente relacionadas, y un conjunto de depresiones y conductos menores. La red subterránea contiene más de 400 m de galerías y se extiende sobre un desnivel de -50 m. Las cavidades se desarrollan en arcillas y lutitas ocre y rojas de la Formación Tudela (de edad Mioceno, Terciario). Se describen y discuten los rasgos hidrogeológicos y la evolución de estos sistemas de simas en arcilla, ilustrando el trabajo con fotografía digital.

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

## ABSTRACT

The work describes the exploration and study of a new system of abyss and caves in clay, located in the high basin of the Gully Cat (North zone of Punta de la Estroza, Bardena Blanca). The system consists of four main cavities, hydrologically related, and a set of depressions and minor conduits. The underground network contains more than 400 m of galleries and extends over a height difference of -50 m. The cavities develop in ocher and red clays and lutites of the Tudela Formation (of Miocene age, Tertiary). The main hydrogeological features and the evolution of these clay abyss systems are described and discussed, illustrating the work with digital photography.

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

## INTRODUCCION

Como continuación de las prospecciones efectuadas en la cuenca del Barranco del Gato, Bardena Blanca, Navarra (Galán et al, 2018 a) hemos explorado la zona de cabecera de cuenca en la parte alta del barranco (sobre el flanco NE de La Estroza), donde se localiza la cueva Barranco del Gato 01. Esta última cavidad, explorada previamente bajo condiciones húmedas alcanzaba 82 m de desarrollo, deteniéndose su exploración ante el riesgo de colapso en una galería arrastradero inestable con arcilla húmeda. La cavidad fue revisada nuevamente, en condiciones secas, incrementando algo más su desarrollo, hasta otra zona de colapso.

Sobre la zona terminal de la cueva del Gato 01 encontramos varias depresiones y tres nuevas cavidades sobre la ladera Norte, todas ellas hidrológicamente relacionadas y que tributan sus aguas al colector principal de la cueva-surgencia del Gato 01. El sistema, formado por las cuatro cavidades, contiene más de 400 m de galerías y se extiende sobre un desnivel de -50 m. Los datos topográficos y altimétricos muestran claramente esta relación, pero la conexión entre las distintas cavidades está interrumpida por colapsos y/o estrechamientos de las galerías que conducen el drenaje temporal.

El mecanismo responsable de la formación de este sistema de simas en arcilla es semejante. El factor fundamental que comanda el cavernamiento es el proceso de piping, aunque también existe cierto grado de disolución de los materiales parentales. A su vez, la erosión normal y los colapsos mecánicos intervienen en el crecimiento volumétrico de la red de cavidades.

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 desfloca las arcillas y acelera su pérdida de coherencia, produciendo cierto grado de desagregación que permite actuar al proceso de tubificación o piping. Los flujos de infiltración 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 los más diversos ejemplos de karstificación y espeleogénesis en arcillas y lutitas.

La región de las Bardenas cubre una superficie de 600 km<sup>2</sup> y presenta una extensa red de cañones y mesetas. Con infinidad de cavidades, sólo reconocibles mediante la prospección directa del terreno. Aunque muchas de ellas son de moderadas o pequeñas dimensiones (de sólo decenas de metros), cada tanto encontramos sistemas mayores de cuevas o simas cuyas características o dimensiones no se pueden conocer de antemano (ni mediante el empleo de sensores remotos). Sólo la ubicación de bocas de cuevas y la exploración y topografía de sus galerías subterráneas revelará sus principales características. De ahí el interés en seguir explorando nuevas zonas, como la abordada en este trabajo, ya que agrega información sobre los procesos de karstificación en arcilla y ejemplos de nuevas cavidades y sistemas hidrogeológicos.

## **MATERIAL Y METODOS**

En la prospección y exploración de cuevas se utilizaron frontales con iluminación de Leds y técnica de jumars para verticales. Se efectuaron levantamientos topográficos con instrumental de precisión Suunto (brújula y clinómetro). Los planos fueron dibujados en formato digital con programa Freehand. Varias muestras de roca fueron estudiadas en laboratorio bajo microscopio binocular Nikon. Se tomaron fotos a color con cámaras digitales Canon y Panasonic, a fin de ilustrar las principales características de las cavidades y de diversas geofomas existentes en su entorno.

## **RESULTADOS**

Las cavidades descubiertas se localizan al NW de la Punta de la Estroza (462 m snm), sobre el flanco 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 (Figuras 01 a 04).

Los materiales aflorantes corresponden a 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 arenisca son de color gris y están cementados por carbonatos; suelen presentar una base planar con abundantes ripples de corriente (climbing-ripples). Los nivelitos de caliza, 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), con desarrollo de amplias llanuras de fangos y donde de forma esporádica se localizaron episodios fluviales efímeros así como áreas lagunares donde precipitaron los carbonatos, más frecuentes éstas hacia el Este (Faci Aparicio et al, 2002).

Las cavidades halladas se desarrollan en arcillas y lutitas ocreas, en el talud de la meseta, en la zona de cabecera de la cuenca del Barranco del Gato, entre cotas de 385 á 435 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, contrastada con datos de campo. La denominación de las simas superiores sigue el orden en que fueron exploradas (Sima del Gato 01, 02 y 03), conservando la cueva-surgencia inferior la misma denominación: Cueva Barranco del Gato 01 (Galán et al, 2018 a). En esta última se precisaron detalles topográficos y se amplió ligeramente su desarrollo. Las cuatro cavidades forman un único sistema, que incluye varias depresiones y conductos adicionales localizados en el talweg del barranco, y cuyos rasgos serán también descritos, intercalados en el texto.

#### **Sima del Gato 01.**

Situación: A 220 m al NE de la Cabaña del Alto (plano de la Estroza), en una plataforma en la zona alta de inicio del barranco.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.458; E 623.586; Altitud 435 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -8 m; Desarrollo espacial: 62 m. Figuras 05 á 09. Plano en Figura 37.

Descripción: En un plano escalonado en la parte alta de la ladera se abre una depresión-sima de 16 m de largo x 4 m de ancho, con un colapso de bloques en su interior. El perímetro es vertical, con paredes de 4-6 m de alto, pero en su parte más baja forma sólo un escalón de -2 m. En el extremo NE del fondo de la depresión (cota -6) se abre una boca de cueva-surgencia, con un canal inferior (cota -7) que da paso a galería meandriforme por el que viene el cauce subterráneo. Esta galería, estrecha y alta, puede recorrerse 14 m, hasta un estrechamiento desde el cual se divisa la luz de una claraboya, abierta a un replano superior (cota 0, punto más alto de la cavidad). Al lado de la boca hay otra claraboya tubular de 6 m de altura.

El cauce de esta galería atraviesa y se pierde bajo el relleno de bloques de la depresión. En el extremo E, contra la pared, hay otra galería de techo bajo, descendente, que se obstruye por bloques (cota -8). En el lado opuesto, W, se encuentra un pequeño abrigo y oquedades entre los bloques que profundizan y drenan hacia la continuación del cauce subterráneo bajo el relleno. La sima descrita totaliza 34 m de desarrollo.

A 10 m al Sur de la primera depresión-sima, hay otra depresión alargada, de 12 m de eje mayor y -2 á -4 m de desnivel. Esta posee pequeñas oquedades y una galería descendente hacia el N, de 10 m de largo y -6 m de desnivel que se obstruye al alcanzar el colapso de bloques del fondo de la primera depresión. Su desarrollo totaliza 28 m, pero el colapso obstruye el paso, habiendo aplastado los conductos de drenaje inferiores. Catalogamos ambas depresiones como dos partes de una misma cavidad, con un desarrollo total de 62 m (34 + 28) y un desnivel de -8 m.

#### **Sima del Gato 02.**

Situación: A 40 m al SSE de la Sima del Gato 01.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.401; E 623.604; Altitud 425 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -28 m; Desarrollo espacial: 102 m. Figuras 10 á 17. Plano en Figura 38.

Descripción: Situada a menor altitud, en la misma ladera que la sima 01, en la base de un talud subvertical desprovisto de vegetación. Su boca en embudo es muy visible, de 4 m de diámetro y da paso a una sima amplia de -16 m de desnivel. Debido a la ausencia de arbustos fuertes en su cercanía, tuvimos que anclar la cuerda a un gran bloque a 20 m de distancia de la sima.

La sima consta de un tubo vertical de -10 m que conduce a una ampliación lateral de bóveda alta. En sentido opuesto hay una cornisa en la cota -8, que se alcanza mediante péndulo, la cual da paso a una segunda vertical de -8 m. Esta se prolonga en rampa y desemboca en una amplia sala donde se alcanza la cota -20.

En el extremo N de la sala hay una galería colgada con un pequeño meandro ascendente. El suelo de la sala drena hacia otro meandro encajado. A 2 m sobre el suelo se abre otro tramo amplio, primero horizontal y luego descendente y con bloques, por el cual prosigue la cavidad. Tras 16 m de recorrido esta galería desciende con un resalte de 4m hasta un meandro encajado en la cota -24, al cual se une el cauce procedente de la base de la sima de acceso. El resalte lo equipamos con cuerda, dado que el terreno es más húmedo y posee bloques acuñaados en precario equilibrio.

A partir de este punto la cavidad prosigue en galería meandro, alta y estrecha, y de sinuoso recorrido. El suelo es húmedo y conserva algunos charcos con agua, mientras que las paredes son más secas y compactas, con algunos recubrimientos blancos con espeleotemas de yeso y pequeñas estalactitas ocreas de mica-illita. La galería colectora presenta corriente de aire hacia el interior y se dirige hacia el SE y E. Al cabo de 30 m de recorrido descendente se torna estrecha (1,8 m de alto x 0,4 m de ancho), con paredes y suelo de arcilla húmeda. En este punto, cota -28 m, hay un estrechamiento de 20 cm sólo superable a nivel de la bóveda. Se observa que el conducto prosigue, más estrecho, y describe una curva, pero no nos pareció prudente intentar forzar el paso. La corriente de aire es fuerte y sugiere la existencia de conexión a otra cavidad o boca cercana, como luego confirmarán los datos topográficos.

El desarrollo de la galería inferior es de 62 m, más 22 m de la zona de verticales, y 18 m de conductos bajo el primer tramo horizontal (entre la sala de la cota -20 y el meandro en la cota -24), da un total acumulado de 102 m de desarrollo espacial.



**Figura 01.** La Cabaña del Tubo, sobre la meseta de la Estroza, y vista hacia la cuenca del barranco del Gato. Un día con lloviznas, durante las primeras prospecciones del sector.



**Figura 02.** La red de cañones del barranco del Gato, sobre la planicie, con diversas geoformas. La flecha roja indica la cabecera de cuenca del barranco, en el talud de la meseta, donde se localiza el Sistema del Gato.



**Figura 03.** Subiendo hacia la cueva Barranco del Gato 01 (arriba) y vista hacia el sistema de simas 01 á 03 (debajo).  
Cueva del Gato 01: flecha negra. Sima 03: flecha roja. Sima 02: flecha naranja. Sima 01: flecha amarilla.



**Figura 04.** Cuenca alta del barranco del Gato, de fuertes pendientes, con bloques y materiales arcillosos ocre y rojos de la Formación Tudela (de edad Mioceno)





**Figura 05.** Las dos depresiones-simas de la Sima del Gato 01 (flechas negras) y el terreno en las inmediaciones, en la cabecera de cuenca. La galería surgente es indicada con una flecha roja. Las dos flechas naranja indican las claraboyas abiertas en un replano superior.



**Figura 06.** La boca de la galería surgencia en el interior de la primera depresión de la Sima del Gato 01.  
En condiciones húmedas (arriba) y secas (debajo).



**Figura 07.** Vista de la boca y galería surgente de la Sima del Gato 01. Aseguramos el acceso con cuerda durante la primera exploración, en condiciones húmedas, ya que el relleno de la depresión parecía muy inestable.



**Figura 08.** Durante la primera exploración la galería surgencia presentaba una pequeña corriente de agua (arriba). Estrecho meandro antes de la claraboya terminal (debajo). Sima del Gato 01.



**Figura 09.** Segunda depresión de la Sima del Gato 01 (arriba) y galería interna finalizada bajo el colapso de la primera depresión (debajo). Nótese los estratos de lutitas de distintos colores.



**Figura 10.** Boca de la Sima del Gato 02, en condiciones húmedas, con coladas de barro, clastos y bloques.



**Figura 11.** Sima del Gato 02. Vista en picado de la primera vertical (arriba) e instalación con una cuerda suplementaria dada la falta de puntos de anclaje próximos a la boca (debajo).



**Figura 12.** Descenso y ascenso en jumars de la vertical de la Sima del Gato 02.





**Figura 13.** Los dos tramos de la vertical de acceso vistos desde la cota -20 m. Las imágenes salen con motas por el destello del flash sobre partículas finas de polvo desprendidas por el roce de la cuerda. Sima del Gato 02.



**Figura 14.** Espeleotemas de mica-illita y yeso (arriba) y tramo de acceso a la galería-meandro inferior (cota -24).  
Sima del Gato 02.



**Figura 15.** Aseguramos con cuerda el resalte de acceso al meandro, húmedo en su parte inferior. Se puede apreciar la ocurrencia de pequeños recubrimientos blancos de espeleotemas de yeso. Sima del Gato 02.



**Figura 16.** Diversos aspectos de la galería-meandro inferior, con algunos charcos de agua en su cauce.



**Figura 17.** Zona terminal en la cota -28 m de la Sima del Gato 02 y regresando hacia la sima de entrada.



**Figura 18.** Remontando la ladera del barranco hacia la boca de la Sima del Gato 03 (flecha roja) y detalle de la misma.



**Figura 19.** La boca, horizontal, de la Sima Gato 03, da paso a una galería descendente que conduce a una sima.



**Figura 20.** Vertical de -8m de la Sima del Gato 03, con la luz de la boca al fondo.



### **Sima del Gato 03.**

Situación: A 40 m al ESE de la Sima del Gato 02.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.382; E 623.640; Altitud 412 m snm.

Dimensiones: Desnivel: -15 m; Desarrollo espacial: 106 m. Figuras 18 á 27. Plano en Figura 39.

Descripción: Cueva-sima. La boca se abre al pie de un escarpe en la ladera N del barranco, a 40 m de distancia y -13 m por debajo de la Sima del Gato 02, y a +27 m por encima de la cota de la boca inferior de la Cueva Barranco del Gato 01.

La boca (de 4 m de ancho x 2 m de alto) es una cueva que prosigue en galería descendente hasta una sima amplia, de -8 m, de fondo plano. Al pié de la vertical, tras una cornisa en barrera, sigue una galería amplia y descendente, con suelo de bloques. En su parte más baja hay dos arrastraderos que comunican a un exiguo cauce inferior, muy estrecho (cota -15). En la parte alta de este tramo, que forma una ampliación, hay otro arrastradero ascendente que comunica con una sala de 8 m de diámetro (Sala 2) a la cual se puede acceder también por otra galería sobre la sima.

En efecto, remontando la vertical hay un paso de techo bajo, que conduce a una ampliación descendente y caótica, de la cual parte una galería ligeramente ascendente que conduce a una cornisa a +4 m sobre la Sala 2 antes citada. Destreando este escalón se alcanza el suelo de la sala. Esta se prolonga, decorada por múltiples espeleotemas de arcilla, hasta un plano cerrado, con bóveda alta. A un costado de la sala hay otra galería de techo bajo que desciende a otra salita, de 6 m de diámetro. Esta se prolonga en una galería-arrastradero seca y ascendente que a los 10 m se torna impracticable por estrecha. El desarrollo total de la cavidad alcanza 106 m.

El conducto final de la Sima del Gato 02 está muy próximo al cauce de la cota -15 de esta cavidad, mientras que el cauce seco terminal de la cota -8 m debe drenar otras partes de la zona N de la ladera. Los drenes observados, de exiguo diámetro, deben profundizar para dirigirse al cercano colector de la Cueva Barranco del Gato 01, que describiremos a continuación.

### **Cueva Barranco del Gato 01.**

Situación: A 70 m al ESE de la Sima del Gato 03 y a 290 m al E de la Cabaña del Alto.

Coordenadas ETRS89, UTM 30N: N 4.680.356; E 623.702; Altitud 385 m snm.

Dimensiones: Desnivel: +17 m; Desarrollo espacial: 128 m. Figuras 28 á 36. Plano en Figura 40.

Descripción: Esta cavidad fue descrita con un desarrollo de 82 m (Galán et al, 2018), correspondiente a la primera exploración, bajo condiciones relativamente húmedas. La exploración se detuvo en un arrastradero con barro, por donde parecía imprudente intentar proseguir, por el riesgo de colapso y aplastamiento del conducto. También asignamos a la boca una cota de 388 m snm. Una nueva exploración, en condiciones más secas, ha permitido incrementar el desarrollo conocido. La boca, surgente, se abre en el cauce del barranco en la cota 388, pero tiene un conducto de drenaje inferior que emerge en la cota 385 m snm.

La boca forma un pórtico en penumbra, amplio de 4 m y con 2 m de altura, el cual posee un conducto inferior de drenaje y un pequeño lateral seco. La galería principal es amplia, pero incluye algunos tramos de techo bajo, por donde viene el cauce. En un trayecto de 42 m presenta tres amplias claraboyas laterales, de +8 a +10 m de altura (la segunda de ellas con dos aberturas a simas de superficie). El suelo es horizontal a ligeramente ascendente, con tramos en oscuridad entre unas y otras claraboyas. Bajo la tercera claraboya hay un derrumbe con coladas de barro y bloques que casi obstruyen la continuación.

Por el derrumbe puede ascenderse +6 m hasta una bifurcación abierta a otra claraboya bajo la superficie. En la base, a un costado, existía una galería en gatera con barro, hoy obstruida. La bifurcación tiene dos galerías: una que enlaza con la base de una larga claraboya de +8 m y otra con un cauce en meandro, muy estrecho, con barro húmedo. Siguiendo el fondo de la claraboya 12 m se accede mediante un destrepe a la continuación del cauce del arrastradero, que se torna impracticable por colapso.

A este punto puede accederse también por la ladera desde superficie, bajando -8 m hasta la base de la claraboya. Sobre este sector se forma un puente que permite cruzar de una ladera a otra, ya que la continuación superior del barranco conforma un gully estrechamente entallado en el talweg del barranco. Consideramos este punto de cierre de la claraboya la cota superior de la cavidad, a +17 m sobre la cota de la boca de acceso. A escasos 25 m en planta al N de este punto, y a +10 m por encima, se abre la boca de la Sima del Gato 03.

A su vez, en el arrastradero terminal inferior, confluyen los drenajes del curso epígeo del barranco y los drenajes subterráneos laterales procedentes de las simas del Gato 01 á 03. Sólo que el paso o la comunicación está obstruida por un colapso. Como detalle de la inestabilidad y activa dinámica de estos sectores con colapsos bajo claraboyas, tuvimos la ocasión de observar la ocurrencia del derrumbe de un gran bloque, que se desprendió de la bóveda, en un tramo previo al colapso terminal. Esto indica que con las lluvias (escasas y esporádicas en la región) se producen deslizamientos y colapsos, que en parte son removidos por el drenaje en los conductos activos. Tras las mismas, el terreno se va desecando, pero al perder volumen los materiales arcillosos se resquebrajan y se producen desprendimientos adicionales, como el observado en la última exploración. Por lo que la topografía de algunas galerías puede experimentar cambios en cortos espacios de tiempo, con obstrucciones por colapso, destrucción de algunos conductos y excavación de nuevas galerías.

El desarrollo topografiado de esta cavidad es de 128 m (incluyendo la red de claraboyas) y el desnivel de +17 m. Las claraboyas están sobre el talweg encañonado del barranco, pero las galerías subterráneas están desplazadas al N del mismo. El barranco asciende 100 m más, muy encañonado, con conductos adicionales, no tomados en cuenta en el cómputo de dimensiones.

## NOTAS DE CONJUNTO

En total catalogamos tres simas nuevas y ampliamos la red de la cueva del Gato 01. Este conjunto de cuatro cavidades suma 400 m de desarrollo de galerías. Existe en adición una serie de depresiones, conductos menores y geoformas de interés.

La rama principal del barranco del Gato (en esta zona de cabecera) se extiende en sentido W-E, mientras la serie de simas 01 á 03 sigue una dirección NW-SW para unirse al extremo superior de la cueva del Gato 01, la cual contiene el colector de ambas ramas, con un trazado de conjunto en forma de Y.

En la rama de las simas el drenaje es subterráneo y captura todo un conjunto de filtraciones del flanco N del barranco. El drenaje de la parte superior del barranco es epígeo pero se encaja en un valle en V muy pronunciado, en algunas partes con paredes verticales, y con algunos hundimientos o depresiones en la zona próxima a la cueva, en adición a las claraboyas de esta última. Por lo que puede que existan algunos otros conductos. De igual modo, el flanco Sur del barranco presenta algunos pipes verticales menores, con drenaje obvio hacia el colector subterráneo. Si se recorriera el fondo del barranco superior, tarea por demás laboriosa (dado lo abrupto del terreno), es muy probable que se encontraran algunos otros conductos adicionales. Pero en líneas generales puede decirse que las cuatro cavidades descritas ilustran lo fundamental de este sistema.

Su formación ha seguido el entallamiento progresivo del cauce central del barranco, el cual ha excavado la galería colectora de la cueva inferior y ha actuado a la vez como nivel de base local para la captura de las filtraciones locales, especialmente sobre el flanco N. La extensión de los procesos de piping ha formado una red de galerías, ampliada progresivamente por colapso y remoción de los materiales desprendidos en épocas de actividad hídrica. Es posible apreciar que algunos colapsos obstruyen continuaciones, mientras se excavan nuevos conductos a niveles progresivamente más bajos. En una evolución dinámica compleja.

Bajo la cueva 01 existe en el barranco un corto tramo en túnel que actúa como bypass para el drenaje temporal. El desnivel del sistema entre la cavidad superior y la inferior es de -50 m. Pero si consideramos que la zona de infiltración se extiende hasta la parte superior de la meseta, el desnivel del sistema hidrogeológico es algo mayor, del orden de -75 m (entre cotas de 455 en el plano superior de la Estroza y 380 m snm en el túnel en bypass inferior). Las cavidades individuales profundizan, no obstante, un desnivel moderado con respecto a la superficie, alcanzando una profundidad máxima de -28 m en la sima 02. Por lo que se trata de un sistema joven y muy activo, con potencial para extenderse y profundizar más la espeleogénesis hasta el nivel inferior de la planicie, en la cota aproximada 370 m snm.

## CONCLUSIONES

En torno a la red de barrancos entallados en la planicie inferior los procesos de piping tienden a excavar cuevas-túneles en zonas de borde, las cuales enlazan simas superiores con bocas inferiores, surgentes, en la base de las paredes. Su evolución contribuye a la formación de gullies menores, al retroceso de las paredes y a la ampliación de los cañones. Este tipo de cavidad es frecuente en los barrancos de la Bardena Blanca. Su génesis depende del gradiente hidráulico en las zonas de borde (más propensas al agrietamiento) o a leves diferencias en la litología de los materiales que atraviesan los conductos de piping. En otros casos las cuevas se forman por erosión remontante en la cabecera de gullies (Galán et al, 2017, 2018 a, 2018 b).

En el caso del sistema descrito en esta nota, las cavidades se forman en el flanco de la meseta. El drenaje epígeo temporal se infiltra en estos taludes de la meseta (donde el desnivel es mucho más considerable) y promueve la excavación de pipes a niveles progresivamente más bajos, a lo largo de la ladera. El cauce principal del barranco entallado del Gato actúa como nivel de base local para las aguas infiltradas en sus flancos, a la vez que tiende a profundizar la excavación en su cauce, a lo largo de su perfil longitudinal. Los colapsos de techo de las galerías colectoras forman simas-claraboyas sobre la red de drenaje subterráneo. La red se extiende a lo largo del talud de la meseta, en ambos sentidos, remontando hacia la cabecera de cuenca de la zona de infiltración y encajándose hasta el nivel de base local impuesto por la zona más baja de surgencia.

El mecanismo de piping sigue siendo el proceso fundamental que actúa en la formación de cavidades, pero, como ha sido dicho, también existe cierto grado de disolución de los materiales parentales, lo que desagrega las lutitas, permitiendo la remoción de partículas y la formación de nuevos pipes. La presencia de espeleotemas y recubrimientos de yeso constituye una evidencia de que existe disolución en los materiales parentales y una posterior precipitación en las paredes de las galerías. Las espeleotemas de mica-illita muestran a su vez que ocurren procesos de fluidificación de las arcillas y posterior desecamiento, con la consiguiente formación de estalactitas y recubrimientos de coladas estalagmíticas.

Una vez formados los conductos iniciales de drenaje, gran parte del crecimiento volumétrico de las galerías es debido a la erosión normal y colapsos, aunque sigue actuando la desagregación por disolución intergranular y la tubificación o piping. Los procesos señalados amplían y extienden las redes de cavidades a áreas contiguas, pero a la vez destruyen antiguas galerías, contribuyendo al modelado general del relieve y al retroceso de los escarpes de las mesetas.

El trabajo, de naturaleza descriptiva, aporta nuevos ejemplos de formación de cavidades en arcillas y lutitas de la Formación Tudela, así como detalles de interés científico sobre la geomorfología y dinámica de la región semidesértica de las Bardenas.



**Figura 21.** Sima del Gato 03. Detalle de lutitas ocres, rojas y grises en la zona de entrada a la cavidad.



**Figura 22.** Vertical de -8 m de la Sima del Gato 03, con partículas de polvo fino en el aire (arriba) y materiales arcillosos de distintos colores (debajo). Las manchas oscuras son zonas de arcilla húmeda.



**Figura 23.** Sima del Gato 03. Amplia galería inferior y meandro en la cota -15 m.



**Figura 24.** Base de la vertical y tramo amplio de la galería inferior. Sima del Gato 03.



**Figura 25.** Bóveda de la sala de la sima, con un meandro colgado, y tramo de acceso a la galería superior.



**Figura 26.** Diversos aspectos de la galería superior de la Sima del Gato 03, con coladas y espeleotemas blancas de mica-illita.





**Figura 27.** Espeleotemas blancas de mica-illita formadas por fluidificación de las arcillas (arriba) y cornisa de acceso a la amplia sala de la cota -10 (debajo) de la Sima del Gato 03.



**Figura 28.** Cueva del Barranco del Gato 01, surgencia del sistema. Detalle de la boca y pórtico de entrada.



**Figura 29.** Cauce inferior entallado en el suelo del pórtico de entrada a la Cueva del Barranco del Gato 01.  
Y detalle de clastos incluidos en la matriz arcillosa.



**Figura 30.** Tramos de techo bajo en la galería de la cueva-surgencia del Gato 01 y claraboyas con colapsos y slumps de materiales arcillosos procedentes de superficie y ampliación de las claraboyas.



**Figura 31.** Galería colectora de la cueva del Gato 01, con bloques desprendidos y acuñaos entre las paredes.



**Figura 32.** Diversos aspectos de la galería colectora de la cueva del barranco del Gato 01, de 128 m de desarrollo.



**Figura 33.** Zona de acceso a la bifurcación y claraboya terminal de la cueva del Gato 01.



**Figura 34.** Boca inferior de la cueva del Gato 01 y claraboyas sobre la galería colectora. El fondo del barranco está profundamente entallado.

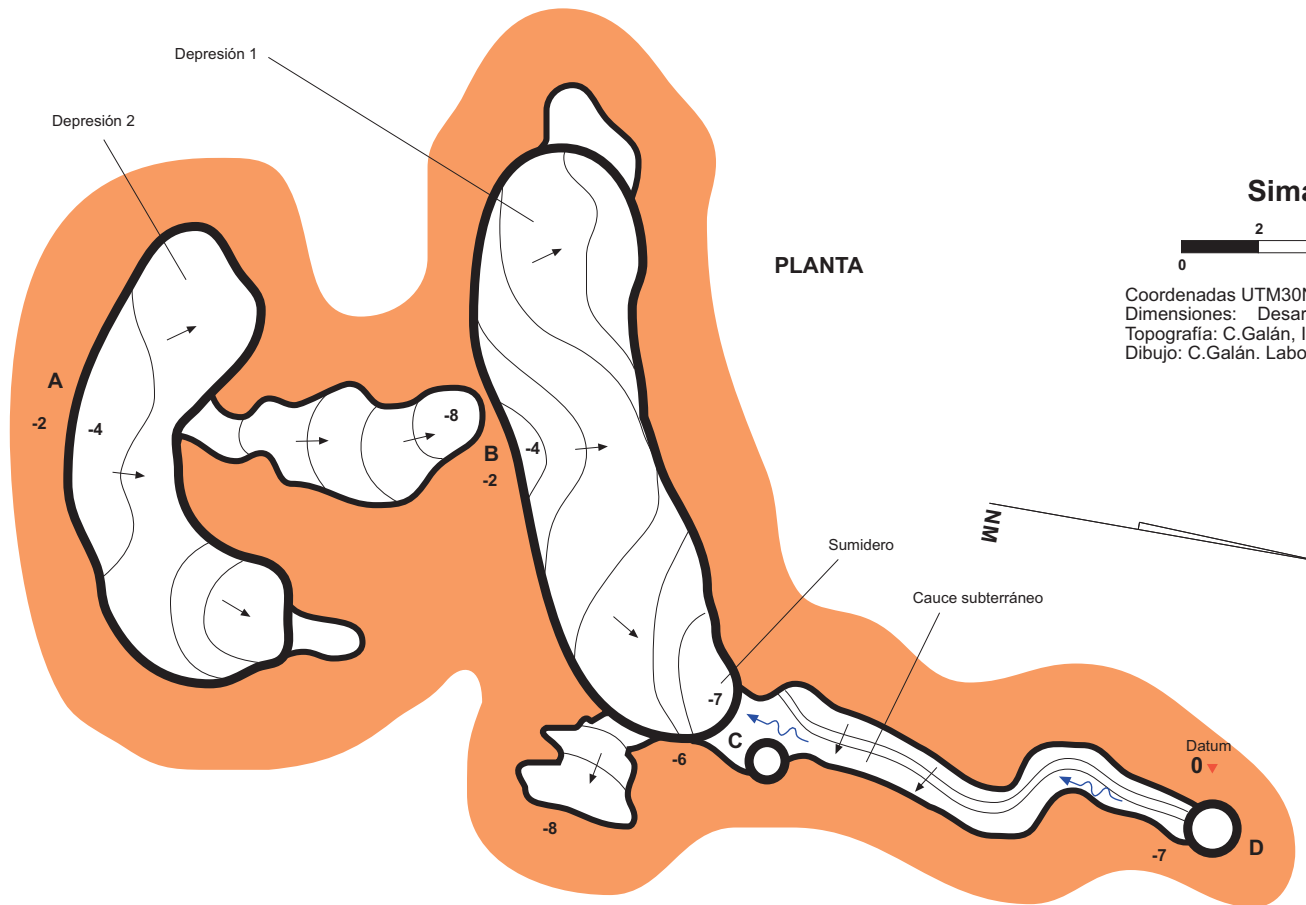




**Figura 35.** Puente entre las dos laderas del barranco, con el cierre de la claraboya superior (cota +17 m de la cavidad). Desde este punto se puede descender con cuerda a la zona terminal de la galería, obstruida por un colapso.



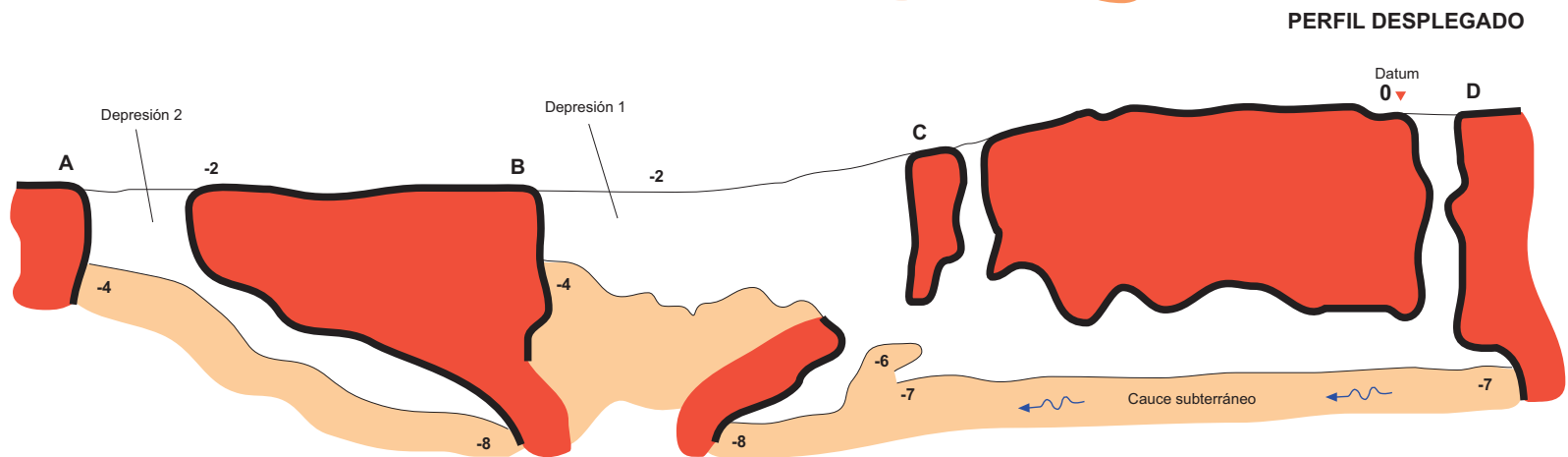
**Figura 36.** Claraboyas en la zona del puente de la cota +17 m y continuación superior del barranco, con un pequeño cauce temporal profundamente entallado entre las laderas del Barranco del Gato.

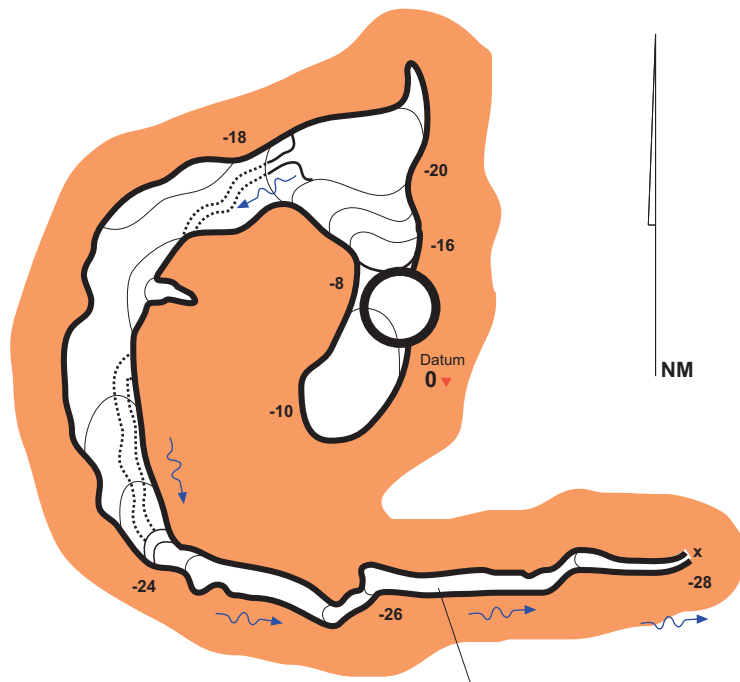


**Figura 37.**  
**Sima del Gato 01.**



Coordenadas UTM30N: N 4.680.458; E 623.586. Alt:435 m snm.  
Dimensiones: Desarrollo 62 m. Desnivel -8 m.  
Topografía: C.Galán, I. Herraiz, M. Nieto & A. Miner. SCA. 2018.  
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.





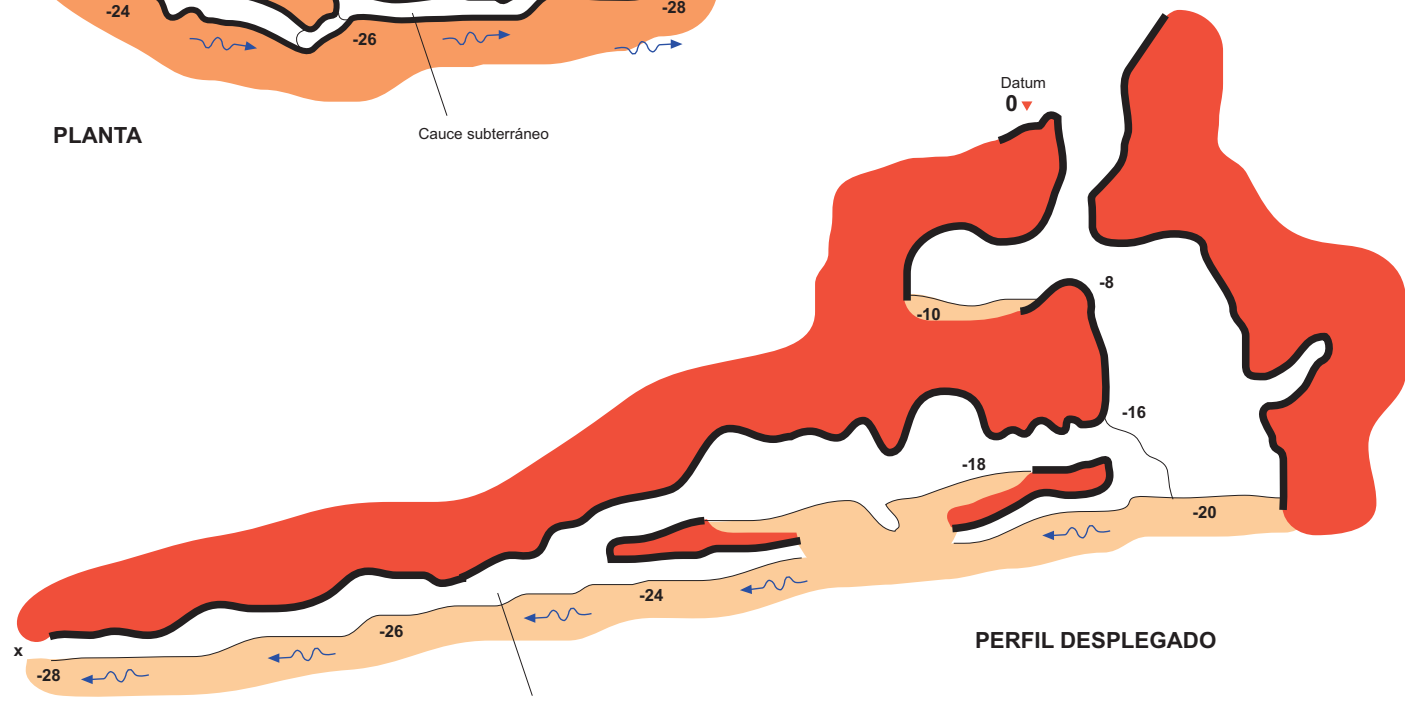
PLANTA

Cauce subterráneo

**Figura 38.**  
**Sima del Gato 02.**

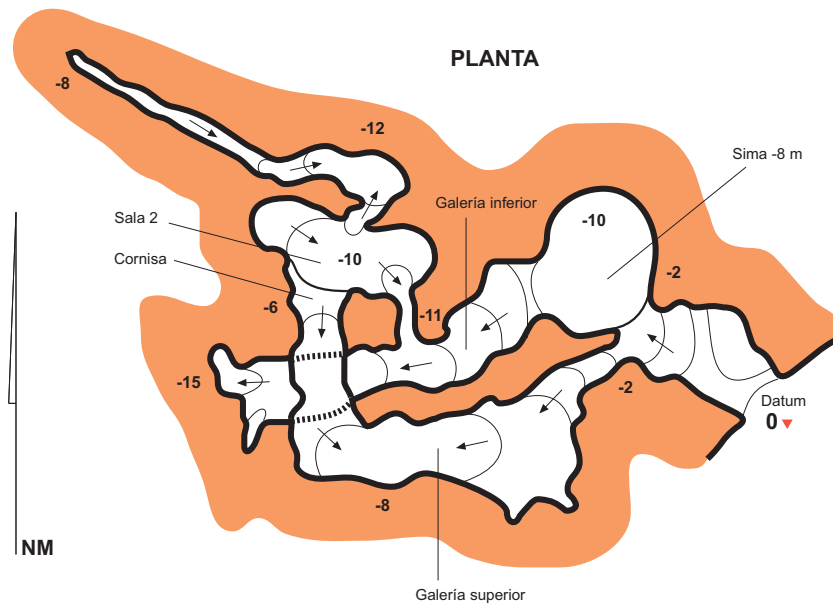


Coordenadas UTM30N: N 4.680.401; E 623.604. Alt:425 m snm.  
Dimensiones: Desarrollo 102 m. Desnivel -28 m.  
Topografía: C.Galán, I. Herraiz, M. Nieto, & A. Miner. SCA. 2018.  
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



PERFIL DESPLEGADO

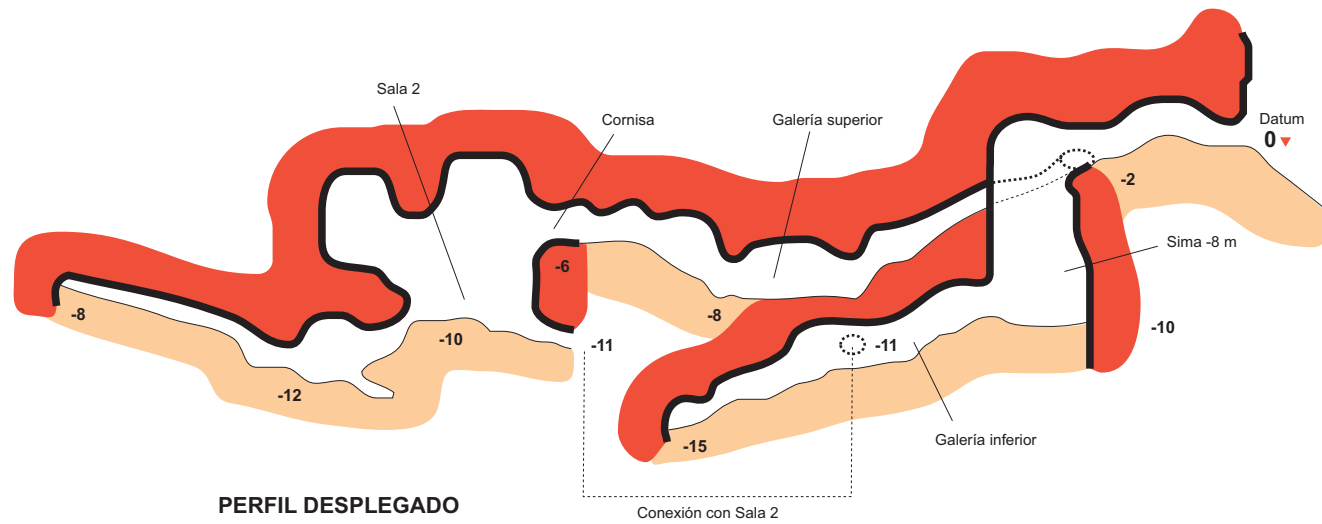
Cauce subterráneo



**Figura 39.**  
**Sima del Gato 03.**



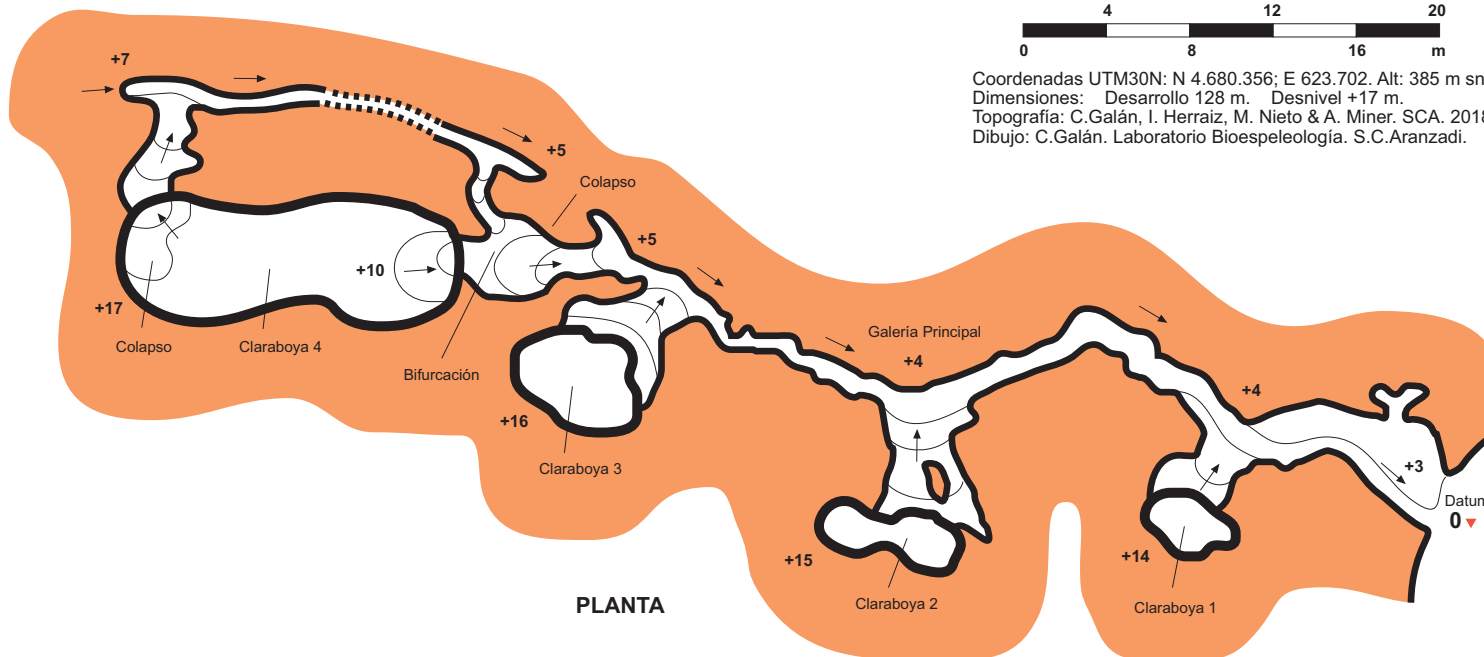
Coordenadas UTM30N: N 4.680.382; E 623.640. Alt: 412 m snm.  
Dimensiones: Desarrollo 106 m. Desnivel -15 m.  
Topografía: C.Galán, I. Herraiz, M. Nieto & A. Miner. SCA. 2018.  
Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



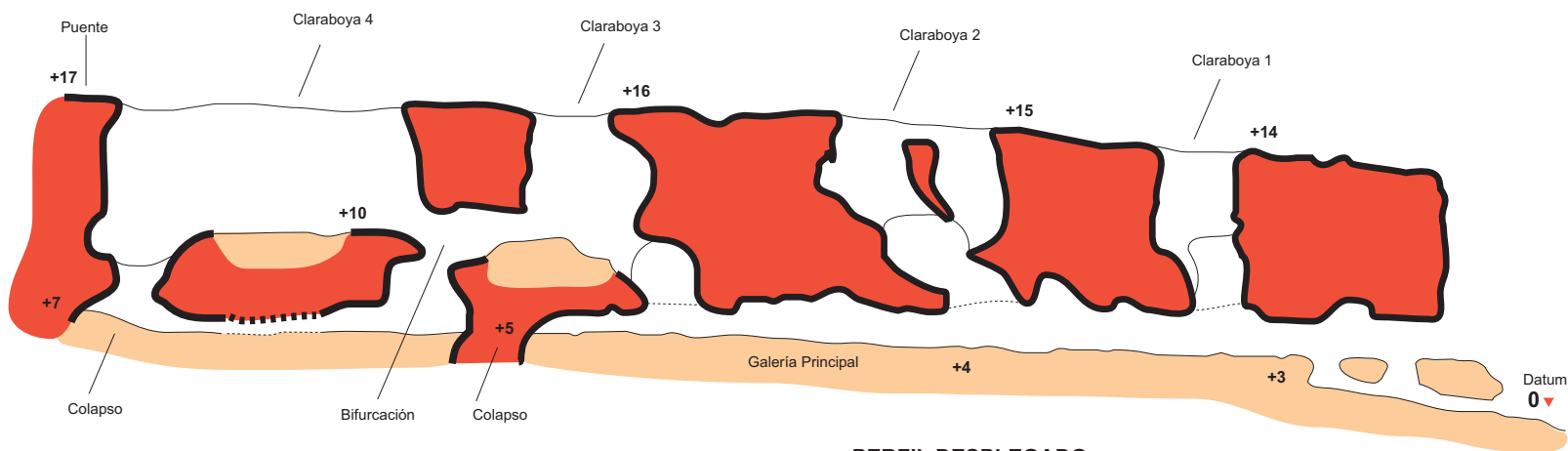
**Figura 40.**  
**Cueva Barranco del Gato 01.**



Coordenadas UTM30N: N 4.680.356; E 623.702. Alt: 385 m snm.  
 Dimensiones: Desarrollo 128 m. Desnivel +17 m.  
 Topografía: C.Galán, I. Herraiz, M. Nieto & A. Miner. SCA. 2018.  
 Dibujo: C.Galán. Laboratorio Bioespeleología. S.C.Aranzadi.



**PLANTA**



**PERFIL DESPLEGADO**

## 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. Espeleol. 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. Espeleol. S.C. Aranzadi. Web aranzadi-sciences.org, Archivo PDF, 36 pp.
- Galán, C.; M. Nieto & J. Forstner. 2018 b. Notas sobre técnicas de exploración de cuevas en arcilla en la región semidesértica de las Bardenas. Publ. Dpto. Espeleol. 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.