

DOS CAVIDADES CON MORFOLOGÍAS HIPOGÉNICAS EN LUCENA DEL CID (PROVINCIA DE CASTELLÓN)

Jesús Almela Agost

Espeleo Club Castelló
Email: masdexiva@hotmail.com

RESUMEN: La descripción y estudio de las cuevas de origen hipogénico en la provincia de Castellón se encuentra en su etapa inicial. En este contexto se presentan dos cavidades donde se han localizado morfologías hipogénicas y minerales que justifican su formación. Las dos cavidades que se presentan, ubicadas en el mismo entorno, destacan por sus afloramientos de óxidos de hierro al igual que numerosas explotaciones de los alrededores. La presencia de este mineral ha propiciado su explotación minera desde antiguo. Se describen las formas de sus paredes y techos, tomando como base las morfologías de flujo ascendente ampliamente descritas en la bibliografía espeleológica actual.

PALABRAS CLAVE: Provincia de Castellón, espeleogénesis, morfologías hipogénicas, óxidos de hierro, minería, karst fósil.

ABSTRACT: The description and study of the caves of hypogenic origin in the province of Castellón is in its initial stage. In this context there are two cavities where hypogenic and mineral morphologies have been found that justify their formation. The caves that we present, located near each other, stand out due to their outcrops of iron oxides, as well as numerous minings in the surrounding. The presence of this mineral has propitiated its mining exploitation since ancient times. The forms of its walls and ceilings are describes, based on the ascending flow morphologies widely described in the current speleological bibliography.

KEYWORDS: Province of Castellón, speleogenesis, hypogene morphology, iron oxide, mining, karst fossil

INTRODUCCIÓN

En los trabajos de catalogación llevados a término en la provincia de Castellón y materializados en la base de datos SICE-CS (Arenós, 2006) se recopilan datos de todo tipo sobre los fenómenos subterráneos castellonenses, labor que facilita el estudio a nivel global de todas las cavidades. En el ámbito espeleogenético las cavidades están clasificadas según su génesis, siendo el tipo más abundante las cavidades tectónicas, quedando en un segundo plano las cuevas formadas por disolución, aun siendo estas de las que presentan mayor recorrido.

En el grupo de las cavidades formadas por disolución, en las últimas décadas y a nivel mundial, se han descrito las cuevas hipogénicas, explicando de este modo la formación de numerosas cuevas y grandes sistemas subterráneos que hasta el momento suponían una incógnita para los espeleólogos. Estas nuevas teorías demostrarían la importancia del proceso hipogénico y por ello en la actualidad se ha determinado que cuatro de las diez cuevas con más recorrido del planeta, fueron generadas a raíz de estos mecanismos.

Para la identificación de estas cavidades se proponen cuatro criterios principales (Klimchouk, 2009) que son los siguientes:

- El análisis de la paleoestratigrafía regional y la hidroestratigrafía local
- El análisis morfológico de las cuevas, tanto los patrones generales que adoptan como las formas a media escala.
- Los minerales y sedimentos presentes.
- Las alteraciones geoquímicas ocurridas en la formación de la cueva.

En el presente trabajo se pretende explicar y justificar la existencia de esta génesis en dos cavidades de la provincia de Castellón, centrándonos en el análisis del segundo y tercer criterio expuesto.

LAS CAVIDADES CON PRESENCIA DE ÓXIDOS DE HIERRO EN EL ÁMBITO PROVINCIAL

En el territorio de la provincia de Castellón existen numerosas manifestaciones mineras, que han sido explotadas desde antiguo, aunque con indicios muy escasos en la prehistoria. Existen algunos estudios arqueológicos locales donde ponen en evidencia las materias primas empleadas en algunos contextos, como es el caso de la obtención de plomo (Roldán *et al.*, 2007) y del hematites empleándolo por sus propiedades abrasivas, como antiséptico, ornamental para decorar objetos o para el enmangue de piezas mezclándolo con colas naturales (Aguilella *et al.*, 2014).

En la Edad Media encontramos indicios en estas cuevas, que hacen referencia a material

cerámico, más que a utensilios para su explotación. Más próximo a nuestros días existen numerosas referencias escritas de estas extracciones a lo largo del siglo XIX. El punto álgido de estas explotaciones mineras se alcanzó entre las décadas de los años 50 y 60 del siglo pasado, donde estas labores supusieron un importante motor económico. De este último periodo quedan numerosos testimonios, tanto orales como escritos. Las explotaciones fueron abandonándose por una serie de problemas, entre ellos las fluctuaciones del mineral en el mercado y el incremento de los costes en el transporte hasta el lugar de fundición, que en muchos casos correspondía a las fundiciones de Sagunto (Zorrilla, 2000).

En todo el territorio castellonense se detectan algunas cuevas o galerías artificiales donde se han extraído estos minerales asociados a la metalurgia del hierro. Entre ellas destacan algunas cavidades semiartificiales, donde la explotación minera se ha realizado a partir de una cavidad natural preexistente, como ocurre en una serie de cavidades que citamos a continuación (Figura 1): En el riu Montlleó encontramos un conjunto de cuatro cuevas; la cova de la Mina y les coves dels Castelletes en el término municipal de Benasal (Almela, 2012) donde hay referencias de exploraciones del primer cuarto de siglo XIX (Viciano, 2012). En Culla encontramos relativamente próxima al anterior la mina del mas de l'Home y a escasos kilómetros de están las diferentes cuevas de la Mina Esperanza, actualmente habilitadas para el turismo, en los términos de Culla y La Torre d'En Besora. Un poco más al este se encuentra la Cova dels Malladàs en la Sierra Engarcerán (Ramos, 2009), y en el norte de la provincia las cuevas mina de les Ferreres, en Vallibona, junto al riu Cervol (Ramos, 2012).



Figura 1: Localización de las principales cavidades naturales con presencia de óxidos de hierro en el mapa de la provincia de Castellón. La flecha señala las dos cavidades objeto de estudio.

En la zona central de la provincia, en Lucena del Cid encontramos numerosas explotaciones mineras, entre las que destaca como cueva

de origen natural la cova Savineta, conocida como cova de l'Ocre (Almela, 2009) existiendo en este mismo municipio otras cavidades menores, con pequeñas catas mineras como les coves del Cabeço y las simas del mas de Gual. Más próxima al mar está la cova de les Ferreries en Borriol (Espeleo Club Castelló, 2015). En el sur de la provincia, en el ámbito de la Sierra Espadán encontramos algunas explotaciones mineras de óxido de hierro que presentan zonas naturales como la cova de la Font de Ferro, ubicada dentro del Coto minero Virgen del Amparo, en Artana (Almela & Cardona, 2014).

Por otro lado existen muchas más explotaciones mineras de óxidos de hierro donde no se han detectado zonas naturales, consistiendo en galerías uniformes, con diferentes niveles y pozos maestros que unen los diferentes pisos y que van siguiendo el filón principal en busca de este mineral. Centrándonos ahora en el término de Lucena, que posee una extensión de 138 km², se registran más de 800 denuncias mineras (Zorrilla, 2000), no solamente de óxidos de hierro, pero que muestra la riqueza del entorno y su importancia a lo largo de la historia.



Figura 2: Entorno del mas de Savineta, con las bocas de la cueva en el centro de la imagen y con la masia a la izquierda.

La formación de estos minerales asociados al hierro puede responder a yacimientos epitermales, que rellenan zonas de fracturas y cavidades kársticas. En el caso de cova Savineta esta es descrita desde una visión minera por Rogelio Zorrilla como:

“un macizo totalmente horadado por vías de agua que han ido disolviendo el carbonato. Las vetas de oligisto (óxido de hierro) se fueron transformando en otro mineral de hierro llamado limonita (hidróxido de hierro), este último mineral no cristaliza por ser una forma de alteración del otro, por tanto va floculando para formar coloides. Este fino polvo de limonita es lo que conocemos como ocre.(...) Se explotó el oligisto, rico mineral de hasta un 60% de hierro que fue extrayéndose de la vetas del interior de la cavidad” (Zorrilla, 2000).

GEOLÓGIA DEL ENTORNO DE LAS CUEVAS ESTUDIADAS

Las cavidades que analizamos a continuación se emplazan en la zona sur del término municipal de Lucena del Cid, próximas a la pedanía de Araia, ya dentro del término de Alcora. Este sector se desarrolla dentro de la unidad geomorfológica del diapiro de l'Alcalaten donde la litología caliza se mezcla con estructuras de diapiros, generalmente arcillas y yesos, transformando la estructura y composición del relieve. El área de estudio se ubica a 28 kilómetros del mar Mediterráneo. La zona esta compuesta por elevaciones que están en torno a los 700 metros de altura con profundos barrancos y cañones que se han ido abriendo paso a través de los materiales carbonatados, como es el caso del conocido Salt del Cavall (Figura 3). Estas montañas son drenadas superficialmente mediante el barranc del Salt del Cavall que recoge aguas de los pequeños barrancos de la zona norte, como el del mas de Beltrán. Más al sur discurre el barranco de Araia que recoge aguas de los barrancos de la Llosa, de Aguilera o el del Perxano que drenan la zona central de unidad montañosa antes descrita. Unos kilómetros más abajo el barranc del salt del Cavall y el de Araia se unen para poco después tributar sus aguas al río Mijares, en el pantano del Schar. En la zona no encontramos manantiales kársticos importantes, pero si numerosas fuentes de pequeño caudal que rodean la zona montañosa.

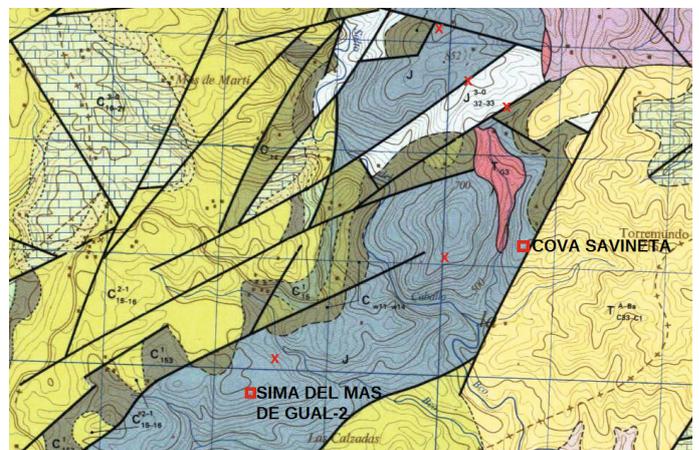


Figura-3: Mapa geológico de la zona, hoja 615 (IGME, 1972) con la ubicación de las dos cavidades. En X están indicadas cavidades artificiales o naturales con presencia óxido de hierro.

Geológicamente en la zona destaca un gran afloramiento de calizas y dolomías jurásicas, que se extiende desde la población de Argelita hasta las proximidades de Lucena, con una longitud de 9 kilómetros por 1,5 de anchura, y tomando una dirección noreste-suroeste (Figura 3). Dentro de este afloramiento, concretamente en su zona más meridional encontramos numerosas cavidades originadas por fracturas, cinco de las cuales superan los 100 metros de profundidad, por lo que es de gran interés espeleológico a nivel provincial. En la zona norte es donde encontramos

las dos cavidades ámbito de estudio: la sima del mas de Gual-2 y la cova Savineta.

Ambas cavidades se desarrollan en calizas y dolomías de un jurásico indiferenciado, posiblemente jurásico superior, dogger (IGME, 1972). Exteriormente en la zona donde se abren las dos cavidades destaca por la alternancia de dos materiales calcáreos exteriormente bien diferenciados. Los primeros son unas calizas de grano fino muy diaclasadas, con un lapiaz bien desarrollado y una estratificación en bancos no muy gruesos pero bien marcada. Su coloración es blanca-azulada mostrando numerosos microlapiaces, lapiaces tubulares con numerosos poros. El otro material es una dolomía poco karstificada exteriormente, de coloración marrón-grisácea, de grano grueso y aspecto tosco. Los estratos están muy poco marcados y con frecuencia alternan con el otro material, que normalmente el buzamiento se presenta concordante. Las dos cavidades se desarrollan en este segundo material menos karstificado que en ocasiones presenta vetas ferruginosas, que dan paso a cavidades con óxidos de hierro o explotaciones mineras. Este material posiblemente se corresponda con la oolita ferruginosa del calloviense (IGME, 1972), que parece marcar una regresión de este periodo. Estos afloramientos son escasos, presentándose en forma de pequeñas manchas no muy extensas que aparecen por encima del otro material. En el caso de cova Savineta, los materiales donde se desarrolla la cavidad presentan un buzamiento hacia el sur, en algunos puntos algo cambiante y con una inclinación de entre 15 y 30° (Figura 4). Los materiales citados posiblemente descansan sobre un pequeño asomo yesífero del triásico superior (keuper), que es visible en el camino que transcurre por debajo de la cavidad y que en este punto parece estar cubierto por rellenos sedimentarios cuaternarios. Por el este los materiales mesozoicos están cubiertos por una extensa capa de conglomerados terciarios.

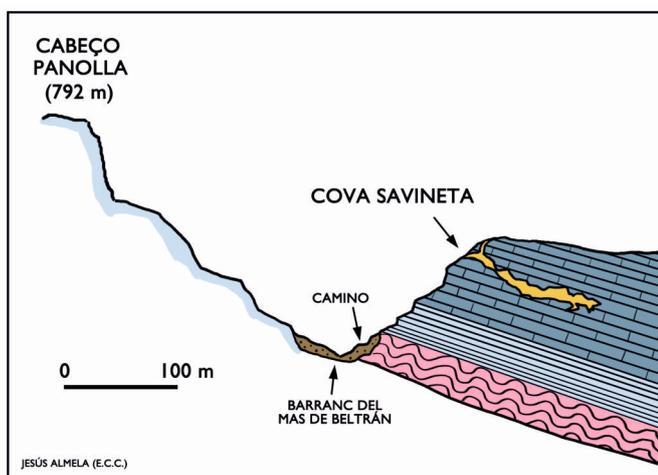


Figura 4: Corte geológico y emplazamiento de la cova Savineta con los materiales descritos.

CAVIDADES CON MORFOLOGÍAS O PATRONES HIPOGÉNICOS

Para determinar la presencia de una cavidad de origen hipogénico nos basaremos en el segundo y tercer criterio expuestos en la introducción (Klimchouck, 2009). Estos hacen referencia al análisis morfológico de formas a media escala, de los patrones generales de la cavidad y de los minerales y sedimentos presentes.

Las cavidades en las que hemos observado patrones, morfologías o minerales característicos del fenómeno hipogénico son la sima del mas de Gual-2 y la cova Savineta, distanciadas entre sí a 2,7 kilómetros.

Sima del mas de Gual-2.

Esta cavidad se ubica en la parte superior de una loma, por encima del mas de Gual y sobre el margen derecho del barranc de la Llosa. A 60 metros y por encima de ésta se localiza la sima del mas de Gual-1, en el punto más alto de la loma.

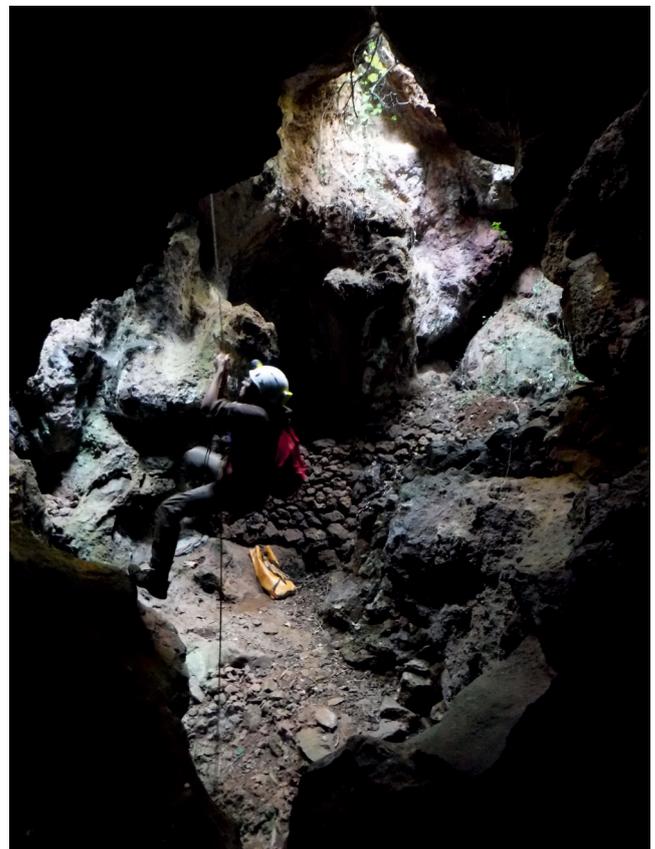


Figura 5: Pozo de entrada de la Sima del mas de Gual-2.

La sima presenta una boca irregular de 13 metros de longitud por 1 o 2,5 metros de anchura. De ella crecen dos higueras y otros arbustos y plantas que aprovechan la humedad del interior de la cavidad. Se penetra mediante un pozo de 9 metros, ubicado en la parte central de la boca (Figura 5). Este nos deja en el centro de una holgada galería que es iluminada parcialmente por luz exterior. En esta parte central existe una galería descendente que finaliza con un pequeño pozo artificial de 2,3 metros, alcanzando la profundidad

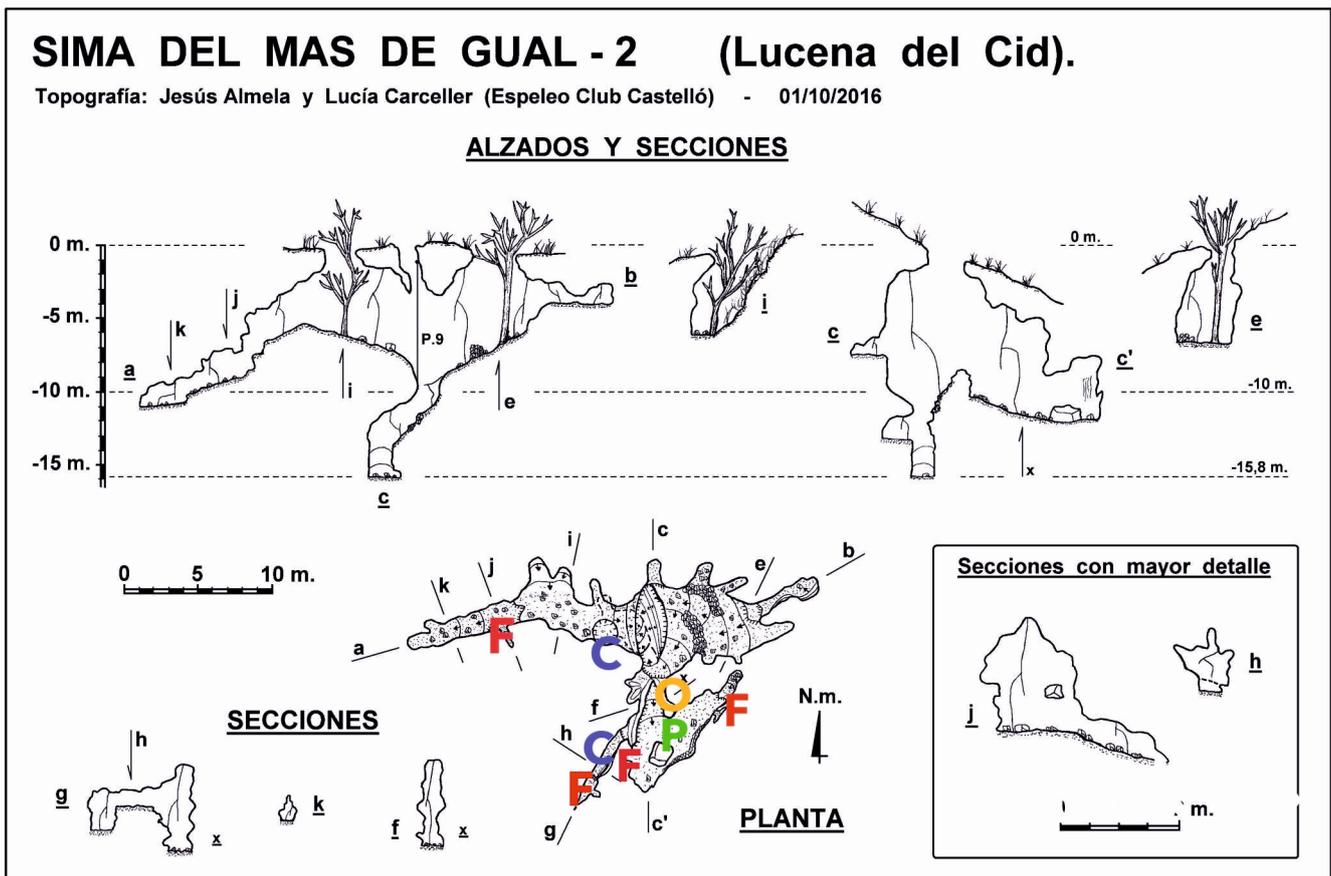


Figura 6: Topografía de la cavidad. En ella se muestran las formas: feeders (F), partition (P), outlet (O) y canales en el techo o paredes (C).

máxima de la cavidad, -15,8 metros. Desde la base del pozo de 9 metros hacia el este la sala presenta un muro de piedra y una rampa, posiblemente para acondicionar la cavidad por su explotación minera. Esta zona tiene 5 metros de anchura, siendo ascendente y finalizando en una galería colgada de 4 metros. Desde la base del pozo hacia el oeste se realiza una trepada y se alcanza una galería superior de la cual crece una higuera. Continuando por ella se alcanza una galería descendente de 10 metros que finaliza bruscamente. Volviendo a la base del pozo de entrada hacia el sur, se supera un corto resalte que nos deja en una galería de 18 metros, que destaca por sus numerosas formas de disolución. En un rincón de este sector se aprecian algunas reconstrucciones parietales, provenientes de filtraciones exteriores. A su derecha y 3 metros por encima se presenta un conducto de 4 metros que finaliza en un corto resalte de 1,5 metros. El recorrido real de la cavidad es de 78 metros.

Las morfologías hipogénicas localizadas en esta cavidad se encuentran en la galería oeste y con más frecuencia en la zona sur, destacando las formas de disolución, concretamente morfologías de flujo ascendente propias del modelo hipogénico. Al tratarse de una cavidad de escaso desarrollo no podemos hablar de un patrón concreto o típico de los expuestos para las cuevas hipogénicas (Audra *et al.*, 2009), aunque sus galerías responden a unas direcciones predomi-

nantes norte-sur y este-oeste. Estas orientaciones están condicionadas estructuralmente por la fracturación del terreno, sobre la que tuvo lugar una ampliación por disolución y corrosión. Las ampliaciones mineras en la cavidad son escasas, encontrándose estas en el pozo artificial de la cota más profunda, un par de agujeros de barrenos y pequeños rincones picoteados en la sala central de la sima.

Las características sobre la génesis hipogénicas, actualmente ampliamente descritas en diferentes publicaciones (Klimchouk, 2007), (Audra *et al.*, 2009), (Palmer, 2013), (Garay, 2013), exponen los mecanismos donde la circulación de agua es muy lenta y con escasas variaciones, por lo que las formas erosivas son inexistentes, predominando la disolución y corrosión. Por ello los procesos fisicoquímicos que actúan responden al lento trabajo de las aguas agresivas sobre los huecos de rocas solubles (Garay, 2013). Por tanto las morfologías resultantes destacan por tratarse de un flujo ascendente, o aumento del flujo (Klimchouk, 2007), encontrando algunas formas básicas como: entradas alimentadoras desde niveles inferiores (feeders), formas de transición de techo y paredes (Transitional wall) y estructuras de fuga ascendentes (outlets). Junto a estas formas básicas aparecen otras resultantes también de este proceso.

De las curiosas formas de disolución existentes en esta sima podemos distinguir

algunas de las morfologías de flujo ascendente características. Estas formas se repiten en muchas cavidades y en este caso suponen un diagnóstico para explicar su formación como tal. Las formas localizadas las indicamos en la topografía de la cavidad (Figura 6) y son las siguientes:



Figura 7: Feeders existentes en la cavidad, el de la izquierda está representado en la sección J de la topografía.

Los Feeders son canales verticales o subverticales de alimentación, a través de los cuales los fluidos más ligeros y agresivos circulan en sentido ascendente de un nivel basal o inferior a otro situado directamente sobre él (Klimchouk, 2007). Presentan diferentes tamaños y en la Sima del mas de Gual-2 se muestran como orificios completos o parcialmente desmantelados, con frecuencia integrados en la pared de la galería (Figura 6). Uno de ellos se aprecia en la sección J de la topografía (Figura 7, izquierda).

Los Outlets son estructuras de fuga ascendente o puntos de descarga. Están formados por cúpulas y conductos verticales que partiendo desde el techo de una galería de un nivel determinado, conecta con el siguiente situado sobre ella (Klimchouk, 2007). Se aprecia uno en la galería sur, que conecta su zona este con la oeste, mostrándose mediante un pequeño orificio que conecta con el nivel superior. Otro de menor tamaño se localiza en la parte superior del resalte que accede a la galería sur.

Las Partitions (Audra *et al.*, 2009) o tabique de roca (Ros *et al.*, 2013), se generan por el crecimiento coalescente de dos galerías próximas y es un fenómeno típico de las zonas laberínticas (maze cave), donde unas galerías conectan con otras por pequeñas ventanas o en casos más evolucionados pueden formar un volumen más amplio quedando como testigo de su formación pilares colgantes. En esta última fase los tabiques de roca acaban desaparecidos o integrándose en una sola sala o galería. En la cavidad se localiza una que une dos galerías, formando un pequeño orificio de 30 centímetros de altura por 10 de anchura. Se encuentra muy próximo al paso que une las dos estancias, que actualmente forman prácticamente un mismo espacio.



Figura 8: Sección de galería colgada con canal en la bóveda (Ceiling chanel).

Los Canales en el techo (Ros *et al.*, 2013), (Ceiling chanel), a menudo llamados semitubos, son típicos en las cuevas hipogénicas, donde se descarta su origen debido a fenómenos de paragénesis. Estos se forman por un empuje del nivel freático que provoca una disolución del techo formando canales. En la cavidad encontramos algunos ejemplos en la galería colgada del sector sur (Figura 8), donde este canal en el techo presenta una anchura de 10 cm y 20 cm de altura (ver sección H de la topografía). Similares a los anteriores encontramos los canales de pared ascendentes (Ros *et al.*, 2013) (Rising wall chanel), que encontramos un ejemplo muy bueno próximo al pozo de entrada, en la pared sur de la galería oeste (Figura 6). Se muestra en su inicio como un canal de techo y tras volverse vertical atraviesa un pequeño puente de roca dirigiéndose hacia la boca (Figura 9). Se ubica en la cota de -6 metros y posee manchas blancas de un recubrimiento anterior, ahora muy desmantelado.

En algunos puntos de la cavidad esta presente una capa blanca de minerales posiblemente evaporíticos, que indicarían marcas de niveles de un antiguo acuífero, como ocurre en la sima Destapada (Ros *et al.*, 2013). Están muy presentes en la pequeña galería colgada, donde la base está recubierta hasta una altura de 30 cm por esta capa. Actualmente y debido a su estado fósil esta capa se encuentra alterada por un proceso de descamación, que tendría que ver con cambio brusco en el ambiente, que sería diferente al de su formación.



Figura 9: Tramo de canal de pared (Rising wall chanel), donde se indica su extensión en amarillo y la dirección del flujo en flechas.

Cova Savineta.

La cavidad se localiza 300 metros al sur del mas de la Savineta, en una loma emplazada en el margen derecho del barranc del mas de Beltrán, antes de unirse éste con el barranc del Salt del Cavall (Figura 2). Presenta tres entradas, una ubicada en la parte superior de la loma y las otras dos a 20 metros de la anterior y en un nivel inferior, abiertas a expensas de una gran fractura suroeste-noreste, al igual que la boca superior. El patrón general de la cavidad esta condicionado por diferentes fracturas sureste-noreste, que juntamente con el buzamiento y otras fracturas noroeste-sureste, conforman un extenso conjunto de 1.539 metros de recorrido y -65 metros de desnivel (Figura 10) (Almela, 2009).

Prácticamente todo el conjunto esta alterado por las extracciones mineras que han explotado la cueva a lo largo de la historia. Estas extracciones solo han hecho que ampliar su interior, sin realizar galerías nuevas o túneles de estructura totalmente artificial. La extracción se muestra más abundante en la zona central de la cavidad, que esta formada por salas amplias de hasta 15 metros de altura.

En la cueva se advierten dos puntos de colapso importante formando salas con grandes bloques. El primero de ellos se localiza al sur de las bocas inferiores, sobre la cota -15 metros, con una extensión de unos 40 metros de diámetro. El otro punto de colapso esta ubicado en la zona central, al sureste de la boca y forma una planta superior, quedando un gigantesco bloque en la zona inferior. Se ubica sobre la cota -35 metros, contando con una extensión de 30 x 20 metros. Al sur y al noreste de este segundo colapso se desarrolla una importante zona de la cavidad ubicada entre

las cotas -45 y -55 metros, formada también por salas de buen volumen.

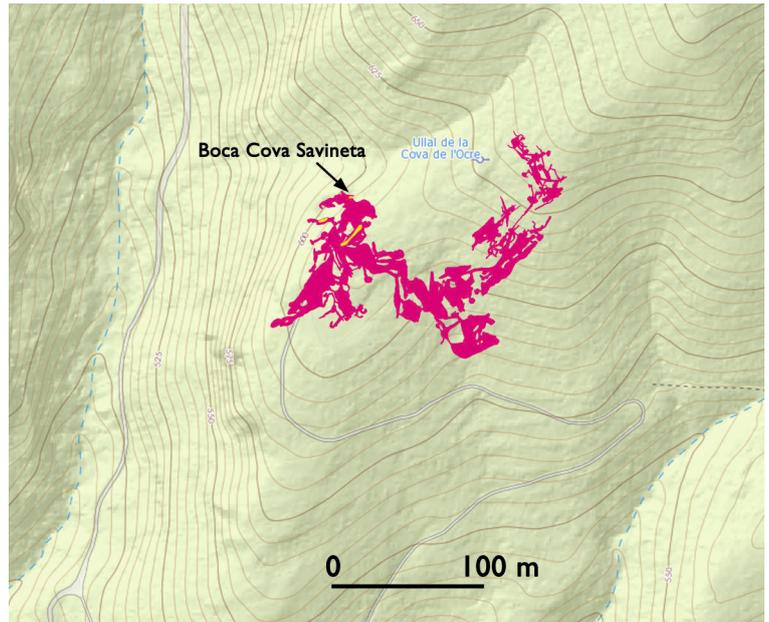


Figura-10: Topografía de la cavidad sobre ortofoto (Mapa del Instituto Cartográfico Valencià, Visor Terrasit).

De ellas parte una galería más estrecha que conduce a un sector con un patrón laberíntico, donde la explotación minera no ha afectado sus paredes y se advierten numerosas formas que no son posibles de detectar en otras zonas de la cavidad. El sector laberíntico se desarrolla entre las cotas -40 y -60 metros aproximadamente, presentando diferentes niveles de galerías y salas que quedan interconectadas por pasos más estrechos. La superficie que ocupa este sector es de unos 50 metros de longitud por 25 de anchura, mostrando una tendencia principal norte-sur y encontrando el mayor desnivel de la zona por el oeste (Figura 11). Desde el punto de vista espeleogenético lo podemos considerar como un pequeño maze cave, patrón típico de cavidades hipogénicas y de laberintos formados por inundación, donde la descarga debe ser grande o la longitud del flujo pequeña (Palmer, 2013). En estos laberintos existen multitud de rutas alternativas del flujo que se amplían a la vez, sin generarse un conducto preferente, por lo que todas las aberturas crecerán al mismo ritmo aproximadamente. Además del tipo de recarga, para que se forme un laberinto de estas características, ha de existir un condicionamiento litológico favorable como una red de fracturas, particiones o poros.

En sus galerías se aprecian estructuras que recuerdan a los wall partitions y formas que las acompañan (Audra *et al.*, 2009) como zonas de techo bajo entre salas (Flat low ceiling), Blade o ceiling pendant, que se sugiere que su formación tuvo lugar en un ambiente de convección termal lenta, que desencadena un proceso de condensación corrosión. Resultado de este proceso, en cova Savineta, serían las morfologías espongi-

mes (spongework) (Gràcia *et al.*, 2009) de corrosiones en las paredes, que en algunos puntos se parecen a un laberinto esponjoso a pequeña escala (Figura 12). Se muestran mediante arcos de roca, salientes, pequeños orificios o aristas afiladas.

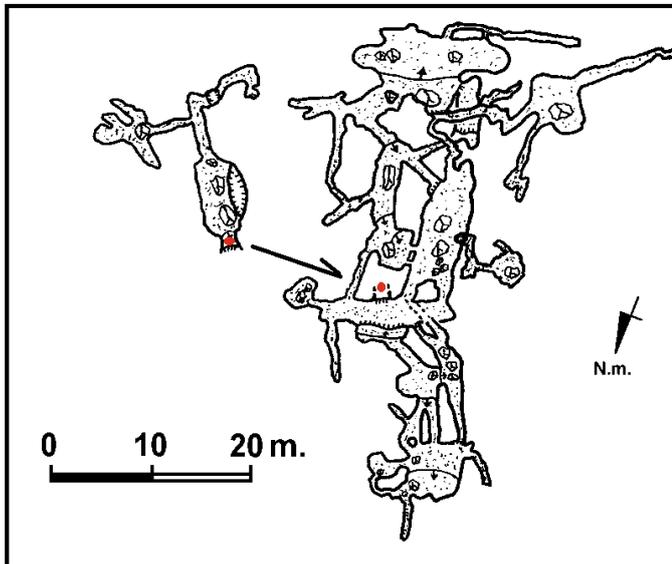


Figura 11: Detalle de la topografía que muestra patrones laberínticos en un sector de la cavidad.

También en la zona laberíntica se detectan algunos feeders de pequeño tamaño, que ascienden desde los pisos inferiores a los niveles más altos. Localizamos algunas formas que muestran este flujo ascendente, que en ocasiones adoptan la forma de “cuello de botella” (Figura 13). En general las formas que encontramos en las paredes son muy significativas, como concavidades de desgasificación alineadas, canales de pared ascendentes (Rising wall channel) y cúpulas en la pared (Wall pockets).



Figura 12: Pared afectada por la corrosión, mostrando una morfología esponjiforme.

Referente a los sedimentos presentes en la cavidad, no encontramos sedimentos de acarreo tales como cantos o gravas, sino más bien fino polvo del mineral de hematites, que le concede un aspecto polvoriento y seco a gran parte de la cavidad. En uno de los sectores inferiores de la

cavidad existe un punto donde en este sedimento se aprecia un corte estratigráfico, apreciándose diferentes capas, algunas de ellas de una coloración oscura, alcanzando en total del corte unos 50 centímetros de espesor. Este aspecto también viene a apoyar a las morfologías hipogénicas encontradas, ya que las cavidades de este origen se caracterizan por el escaso sedimento y en ningún caso proveniente del exterior, pues los procesos de cavernamiento tienen lugar en el interior del macizo, sin influencia externa.



Figura 13: Feeders con marcas de flujo ascendente ubicados en la zona laberíntica.

Pasando al ámbito de los minerales, en las zonas inferiores de la cueva se localiza boxwork. El boxwork consiste en venas de minerales que se cruzan y proyectan en las paredes y techos de las cuevas, como materiales resistentes cuando la roca de caja se ha meteorizado o disuelto (Palmer, 2013). Están formados por láminas de calcita que sobresalen, formando un enrejado con ángulos diferentes. En la cavidad están presentes en algunas paredes y techos de pequeñas galerías, principalmente en la zona laberíntica, alcanzando hasta los dos centímetros de espesor fuera de la roca circundante (Figura 14). Estas formas con frecuencia son asociadas a las cuevas hipogénicas, producto de la disolución de la roca en un ambiente agresivo.



Figura 14: Diferentes boxwork en algunos rincones de la cavidad.

En la cavidad se localizan espeleotemas formados por evaporación como las flores de yeso y agujas de aragonito. En algunos rincones de las zonas inferiores se ubican pequeñas flores y delicadas hebras de yeso que crecen de las paredes. Se forman frecuentemente donde los cristales de la pirita se oxidan, experimentando el yeso cristalizado un empuje de los depósitos más viejos y creciendo en formas curvas, pudiendo comparar su formación al del empuje de un tubo de pasta dental (Palmer, 2013).

Otras formas muy características y dignas de un estudio más detallado son las cristalizaciones de calcita, que destacan por su abundancia en toda la cavidad. Son muy frecuentes las estructuras columnares de cristales de calcita, formando capas uniformes en bolsones abiertos en las paredes y techos. Algunas se encuentran muy afectadas por la explotación minera, al mezclarse estas con el óxido de hierro. Son cristales comúnmente tipo spar (Palmer, 2013) que adoptan formas generalmente tetraédricas, con coloraciones desde tonos blancos, pasando por ocres debido al estar impregnados del hematites y de tonos más oscuros, con una patina negruzca al estar recubiertos posiblemente por manganeso. Las capas de este tipo de cristales de mucho espesor suelen emplearse como diagnósticos de cuevas termales, pues se suelen formar en ambientes de alta-media temperatura (Palmer, 2016), aunque no son exclusivas de estas. Su espesor medido en diferentes puntos de la cavidad muestra una media de 4-5 centímetros, encontrando espesores de hasta 9 centímetros en algún punto y otros más discretos de 2 centímetros.

El momento en que se formaron estas cristalizaciones no está muy claro, presentando ciertas dudas, por lo que vamos a realizar alguna comparación con formaciones similares. En un caso estudiado, como es el caso de las cuevas de las Black Hills (Palmer, 2016) estos cristales se generaron antes que la cavidad y son producto de un paleokarst que en fases posteriores la cavidad interceptó los bolsones de cristalizaciones. Por otro lado las cristalizaciones de las cuevas termales en la bibliografía general (Palmer, 2013) son descritas como producto de una precipitación, debido a la pérdida de dióxido de carbono al encontrarse estas a bajas presiones ya cerca de la superficie, pero dentro ya de una cavidad formada. Ambos factores los debemos tener en cuenta a la hora de interpretar la formación de estas abundantes capas que impregnan las paredes de gran parte de la cavidad. Para ello es importante fijarse en su disposición, pues a veces se muestra en bolsas como geodas que la explotación minera ha puesto al descubierto y en otros puntos aparece el bolsón medio dismantelado, pero no debido a la acción antrópica. Esta apreciación puede hacernos pensar en un origen previo de las cristalizaciones,

y fue en una fase posterior donde la cavidad interceptó los cristales al agrandarse ésta por disolución y corrosión.



Figura 15: Capa columnar de cristalizaciones de calcita ubicada en la cota de -60 metros.

Otros espeleotemas poco frecuentes en las cavidades del entorno son las formas mamilares, ubicadas en texturas de cristales tipo spar o bien en texturas lisas, como ocurre de forma extraordinaria en la cota más profunda de la cavidad. Estas formas se atribuyen a depósitos en aguas estáticas, donde los cristales forman cortezas, que crecen rápidamente sobre las proyecciones de las rocas y forman protuberancias. Cuando estas protuberancias son lo suficientemente grandes y están juntas se les conoce como nubes (Palmer, 2013). En la zona de la cavidad antes citada, las formas ubicadas en la parte inferior podríamos clasificarlas como nubes, aunque con ciertas reservas.

A falta de un análisis más detallado de todos los minerales presentes en la cavidad y de los espeleotemas antes descritos, vamos ahora a realizar una valoración general de estos en referencia a su ubicación en la cavidad. Respecto a la gradación en profundidad de los espeleotemas y morfologías hipogénicas, tenemos un buen ejemplo en la sima de la Higuera (Pliego, Murcia) donde estas aparecen a diferentes cotas respondiendo a diferentes fases y ambientes donde se formaron (Gazquez *et al.*, 2012). En cova Savineta los espeleotemas se encuentran bastante alterados por las diferentes explotaciones mineras, aun así quedan numerosos bolsones de cristales de calcita con diferentes espesores por toda la cavidad. En un muestreo de estos cristales midiendo su espesor desde la cota -10 hasta -60 metros, podemos afirmar que el espesor de los cristales no está relacionado con la profundidad, al contrario de como ocurre en otras cuevas (Gazquez *et al.*, 2012). Este hecho vuelve a hacernos pensar acerca de la génesis de los cristales, decantándonos por un origen previo.

Desde la boca principal, ubicada en la cota de -8 metros, hasta la cota -35, en la cavidad se

aprecia un fuerte condicionamiento estructural, con fracturaciones muy marcadas y con dos importantes colapsos que generan estancias grandes y con grandes bloques sobre las cotas de -15 y -35 respectivamente. Un poco más abajo, en su zona intermedia, en la cota -45 metros aparece un lago fósil de pequeñas dimensiones, inmediata a una zona muy alterada por procesos clásticos. Esta muestra cuatro características estalagmitas que se generaron en un ambiente de aguas estáticas, probablemente procedente de aguas meteóricas. Inmediato a esta formación encontramos algunos espeleotemas formados por goteo y flujo laminar, como estalagmitas y alguna colada con espesores de más de 1 metro, siendo estas poco frecuentes en el interior de la cueva.

Otro nivel importante de la cavidad está formado por grandes salas, y se desarrolla entre las cotas de -35 y -50 metros, que se muestra muy alterado por la extracción minera, principalmente el suelo, muy acondicionado con muros de piedra y rampas que la hacen accesible. Por último existe la zona laberíntica ubicada ligeramente por debajo de esta zona de grandes salas. Esta "maze cave" de modo preliminar podríamos describirla como una zona de alimentación del flujo, que aportaría el flujo a las zonas más altas. Como ya se ha descrito, en el laberinto se localizan abundantes morfologías de corrientes ascendentes, principalmente feeders, que son muy típicos de los laberintos y conectan diferentes niveles (Klimchouk, 2007). Este último nivel formado por el laberinto y desarrollado entre las cotas de -40 a -60 metros, podría estar desarrollado sobre una capa de poca permeabilidad que transmitiría el flujo a su nivel superior, que gozaría ser el primer nivel soluble que encontrarían las aguas ascendentes a su paso, es decir el punto inicial de formación de la cavidad por disolución.

Este modelo explicativo del desarrollo de la cavidad en función de sus cotas pretende ser una primera hipótesis, que podría facilitar estudios más detallados que ayuden a desvelar el origen y procesos que formaron esta importante cavidad.

CONCLUSIONES

Las morfologías y evidencias hipogénicas descritas en la sima del mas de Gual-2 y cova Savineta ponen de manifiesto una génesis diferente y poco conocida en el entorno de la provincia de Castellón, pero muy reveladora. En estas formas se delata el ambiente en el cual se formaron, muy alejado y diferente al de otras cavidades formadas en un ambiente epigénico, donde el agua por gravedad se infiltra en una zona superior para salir por las surgencias ubicadas en un nivel inferior. La presencia de estas dos cavidades supone un paso más en la descripción de la variedad geológica de Castellón, hasta ahora poco estudiada, pero que con ayuda de herramientas como el SICE-CS

(Arenós, 2006) puede ayudar a la descripción de más cavidades hipogénicas. Con ello las cuevas con este origen pasarían a ocupar un lugar destacado en el amplio abanico espeleogenético que ofrece la provincia, que sin duda ya es un hecho constatado a lo largo de la última década en el litoral mediterráneo.

Sin duda nos encontramos ante un karst totalmente fósil, donde el agua abandonó los niveles inferiores de las cavidades, dejando como huella de su paso las curiosas morfologías descritas. Esta fosilización hizo que las aguas cálidas que formaron sus galerías hayan desaparecido por completo, no localizando en el entorno ningún manantial con anomalía geotérmica.

Para llevar a término este trabajo, como en todo trabajo de espeleología, siempre se hace necesaria la aportación de los compañeros del club, por eso desde aquí agradezco a Lucía Carceller, Luis y Joaquín Almela por acompañarme en las diferentes visitas efectuadas al entorno y a Joaquín Arenós por la digitalización de las topografías.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILLELLA, G, ROMAN, D. , GARCIA, P. (2014) *La cova dels Diabets (Alcala de Xivert, Castelló): Prehistòria a la Serra d'Irta*. Diputació de Castelló.
- ALMELA, J. (2009): "La Cova de l'Ocre (Lucena del Cid)". *Revista Berig* nº 10, Espeleo Club Castelló. pp.43-47.
- ALMELA, J. (2012) "Cavitats de la zona de la Mangranera". *Revista Aigua Clara* nº 13. Associació de joves de Benassal.
- ALMELA, J., CARDONA, H. (2014), "El coto miner de la mina Virgen del Amparo (Artana)". *Revista Camp d'Espadar*. Societat d'Amics de la Serra Espadà.
- ARENÓS, J. (2006). *Sistema Informàtic de Catalogación Espeleológica para la provincia de Castellón (SICE-CS)*. www.cuevas-castellón.uji.es. Espeleo Club Castelló.
- AUDRA, P., MOCOCHAIN, L., BIGOT, J.Y., NOBÉCOURT, J.C. (2009), Hypogene cave patterns, en Hypogene speleogenesis and karst hydrology of artesian basins. *Ukrainian institut of Speleology and Karstology*. Special paper 1. pp.17-22.
- ESPELEO CLUB CASTELLÓ (2015), "La cova de les Ferreries". *Revista La Botlaria* nº6. Associació Cultural la Botlaria.
- GARAY, P. (2013). "Consideraciones sobre karst y cuevas hipogénicas, con referencias al ámbito valenciano". *Boletín SEDEK*, número 9, pp. 16 - 29. Sociedad Española de Espeleología y Ciencias del Karst.
- GÁZQUEZ SÁNCHEZ, J., CALAFORRA CHORDI J.M., RULL, F. MARTINEZ FRIAS, J. (2012) Espeleotemas y evidencias de caverna-

- miento hipogénico de la Sima de la Higuera (Pliego, Murcia). *Publicación congreso nacional Cuevatur 2012*.
- GRÀCIA, J., FORNÓS, J.J., GAMUNDÍ, P., CLAMOR, B., POCOVÍ, J. (2009): "Morfolgies de corrosió a la part sumergida de la Cova del Pas de Vallgornera, sector Antic, sector de Gregal I sector de les grans sales (Llucmajor, Mallorca)". *Endins* nº 33. pp.73-98, Federació Balear d'Espeleologia.
- IGME (1972): Mapa geològic, hoja 615 Alcora.
- KLIMCHOUK A.B. (2007): Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective. Special Paper, 1. *National Cave and Karst Research Institute*. Carlsbad, NM. 106 pp.
- KLIMCHOUK, A.B. (2009) Principal features of hypogene speleogenesis. en Hypogene speleogenesis and karst hydrology of artesian basins. *Ukrainian institut of Speleology and Karstology*. Special paper 1. pp.7-15.
- PALMER, A.N. (2013), *Geologia de Cuevas*. UIS. pp.502.
- PALMER, A.N. (2016), Karst and caves of the Black Hills, South Dakota, USA. *Boletín Geológico y Minero*, 127 (1); 67-78.
- RAMOS, J. (2012) Catálogo espeleológico de Vallibona. *Revista Berig* nº 12. Espeleo Club Castelló.
- RAMOS, J. (2009) "La utilización de cavidades naturales como minas. La cova dels Malladàs". *Revista Berig* nº 9. Espeleo Club Castelló.
- ROLDAN,C., FERRERO, J.L., GARCIA BORJA, P.,DOMINGO,I. (2008) Aportaciones al uso de pigmentos durante el Neolítico Antiguo en las comarcas centrales valencianas. *Actas IV Congreso Ibérico de Arqueometría* (Madrid, 2007) pp.669-679.
- VICIANO, J.L. (2012) "Tres mostres d'exploracions subterrànies en temps passats" *Revista Berig* nº-12. Espeleo Club Castelló
- ZORRILLA MEZQUITA, R. (2000), Geología de Lluçena. En *Monogràfica de Lluçena*; Escrig Fortanete, J.(Coord.) pp.33-60. Universitat Jaume I.

Este trabajo ha sido publicado on-line con fecha 29/12/2016

Se citará como: ALMELAAGOST, J., 2016. Dos cavidades con morfologías hipogénicas en Lucena del Cid (Provincia de Castellón) *Gota a gota*, nº 12: 46-56. Grupo de Espeleología de Villacarrillo, G.E.V. (ed.)