

CUEVATUR 2016

VI CONGRESO ESPAÑOL SOBRE CUEVAS TURÍSTICAS

*El karst y el hombre:
Las cuevas como Patrimonio Mundial*

CONVOCA



ORGANIZA



Editores:
Bartolomé Andreo Navarro
Juan José Durán Valsero

Hypogenic morphology APP: Una aplicación libre para la identificación de cuevas hipogénicas

A. Ros Vivancos ⁽¹⁾, J. L. Llamusí Latorre ⁽¹⁾, J. Sánchez Ortega ⁽¹⁾, F. Gázquez Sánchez ⁽²⁾ y J. M. Calaforra Chordi ⁽³⁾

⁽¹⁾ Centro de Estudios Ambientales y del Mar. CENM-naturaleza, Alcántara, 5, Cartagena, Murcia, 30394, España, cenm@cenm.es

⁽²⁾ Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge, CB2 3EQ, United Kingdom, f.gazquez@ual.es

⁽³⁾ Departamento de Biología y Geología. Universidad de Almería, Carretera de Sacramento, s.n, La Cañada de San Urbano, Almería, 04720, España
jmcalaforra@ual.es

RESUMEN

Los estudios sobre cavidades generadas por procesos de origen profundo, en muchas ocasiones hidrotermal, también conocidas como cuevas hipogénicas, han proliferado notablemente durante los últimos años, hasta el punto de que hoy en día se considera que el 10% de las cavidades a escala mundial fueron generadas por este tipo de mecanismos. La espeleogénesis hipogénica suelen dar lugar a morfologías características, aunque en muchas ocasiones estos elementos pueden quedar enmascarados por otros de origen epigénico más recientes, relacionados con la infiltración de agua superficial. El estudio en detalle de algunas cavidades, hasta la fecha consideradas epigénicas, ha puesto de manifiesto los procesos de origen profundo que las generaron. Este tipo de patrones, ya sean morfológicos (presencia de cúpulas, domos de corrosión, *scallops* verticales, *pendants*, etc...) o espeleotémicos (folias, conos de calcita flotante, nubes, etc...) se repiten en cuevas hipogénicas de todo el mundo. En términos generales, la difusión de los conocimientos adquiridos hasta la fecha sobre estas cavidades ha quedado restringida al ámbito de la espeleología científica y apenas han trascendido a espeleólogos y aficionados al medio subterráneo. En este trabajo presentamos una nueva aplicación libre para *smartphone* con sistema operativo Android, ideada como una guía básica y accesible, con vocación didáctica, que recoge los elementos más comunes y característicos que se pueden observar en cavidades hipogénicas. Esta aplicación utiliza la base de datos de morfológicas hipogénicas recopilada durante los últimos veinte años en cavidades la Región de Murcia. Cada "elemento hipogénico" viene acompañado de imágenes y una breve descripción que facilita su identificación de forma sencilla.

Palabras clave: app para Android, aplicación para Smartphone, espeleogénesis, morfologías hipogénicas.

Hypogenic morphology APP: A free app to identify hypogenic caves

ABSTRACT

Studies dealing with caves formed by deep-sealed, sometimes hydrothermal waters have proliferated over the past ten years, to such point that today hypogenic caves are considered to represent around 10% of total caves worldwide. The hypogenic speleogenesis results in characteristic morphologies, although frequently these elements may be masked by other more recent of meteoric/epigenic origin, related to the infiltration of surface water. The detailed study

of some cavities, to date considered epigenic, has revealed the action of processes originated in depth. This type of morphological patterns (cupolas, domes corrosion, vertical scallops, pendants, etc.) and the presence of specific speleothems (folia, raft calcite cones, clouds, etc.) have been described in hypogenic caves around the world. In general, the knowledge acquired about these cavities to date has been restricted to researches and cave experts, whereas this information frequently has not transcended to speleologist and tourists. Here, we present a new free application for Android smartphone operating system, designed as a basic and accessible guide with didactic profile that gathers the most common elements found in hypogenic cavities. This application uses the database of hypogenic morphologies collected over the past twenty years from caves of the Region of Murcia. Each "hypogenic feature" is accompanied by an image and a brief description.

Keywords: app for Android, hypogenic morphologies smartphone application, speleogenesis.

Morfologías hipogénicas

Las cavidades hipogénicas, generadas por procesos de origen profundo (en muchas ocasiones hidrotermal) han despertado poco interés hasta tiempos relativamente recientes. De hecho, el escaso conocimiento generado sobre este tipo de cavidades ha estado muy limitado al ámbito científico y a sectores muy concretos de investigadores dedicados a la espeleología. En los últimos diez años, los estudios sobre este tipo de cavidades han adquirido protagonismo y se han dado en parte a conocer al público no especializado. De este modo, se ha empezado a poner en valor la génesis peculiar de algunas cavidades como reclamo turístico y distintivo con respecto a otras cuevas formadas por mecanismos epigénicos convencionales (Gázquez y Calaforra, 2015). La falta de guías o directrices específicas que orienten a los espeleólogos para las características de estas cavidades y de sus elementos peculiares contribuye a su desconocimiento.

En el ámbito de las cavidades hipogénicas de la Región de Murcia, la aparición de nuevos estudios y publicaciones de alcance internacional (Gázquez *et al.*, 2012; Gázquez y Calaforra, 2013; Gázquez *et al.*, 2016), están ayudando a redescubrir cavidades que habían despertado poco interés hasta la fecha o de las que se tenía dudas sobre su origen. Este es el caso de la Cueva del Puerto (Calasparra) donde recientes estudios sobre sus morfologías hipogénicas la apuntan como un modelo de referencia para las cavidades hipogénicas españolas (Ros *et al.*, 2016). Del mismo modo, los estudios sobre Sima de la Higuera (Gázquez *et al.*, 2012, Gázquez y Calaforra, 2013), la Cueva de Luchena (González *et al.* 2014) y otras cavidades en la región de Murcia han cambiado significativamente las ideas previas sobre los mecanismos que las generaron. En el ámbito nacional, estos estudios sobre cuevas hipogénicas se unen a otros desarrollados en áreas kársticas de las Islas Baleares como es el caso de Cova des Pas de Vallgornera (Ginés *et al.*, 2014; Merino y Fornos, 2010; Merino *et al.*, 2011), o de la Comunidad Valenciana (Garay, 2013). Sin embargo, existen todavía ciertas barreras de información que impiden que estos conocimientos alcancen al público general. Este hecho evita que en muchas ocasiones se les confiera a las cavidades hipogénicas la atención que merecen como elementos geológicos relativamente poco comunes con respecto a las cuevas epigénicas. Por otro lado, en cierta medida se impide que se produzcan nuevos hallazgos de cuevas y elementos hipogénicos por parte de aficionados y espeleólogos.

Numerosos autores coinciden con el modelo de génesis de cuevas hipogénicas descrito por Klimchouk (2007) (Figura 1) denominado "modelo morfológico de flujos ascendentes". Este modelo constituye el patrón general para cuevas generadas en acuíferos confinados (Audra,

2009): el ascenso de las aguas profundas a través de grietas o conductos verticales, (*feeders*) se extienden lateral y verticalmente a través de galerías principales (*master passage*) o zona de transición, y sale del sistema a través de conductos verticales de escape o fuga (*outlet*). Estos procesos se repiten a distintas escalas pudiendo dar lugar a redes kársticas de gran complejidad, creando múltiples ramificaciones laterales y desarrollos laberínticos (*maze cave*).

El conjunto de procesos que tiene lugar en este tipo de cavidades dan lugar a morfologías comunes y características, como pueden ser conductos y chimeneas verticales, cúpulas, domos de corrosión, etc. Del mismo modo, aparecen formación de espeleotemas relacionadas la presencia de aguas termales en estas cavidades, como es el caso de conos de calcita flotante, folias, nubes (*clouds*), spar de calcita, etc. La presencia de espeleotemas suele ser menos abundante que la de las morfologías hipogénicas en paredes y techos, ya que estos espeleotemas se suelen formar en condiciones extremadamente específicas, que en el ámbito de la Región de Murcia solo se dieron en algunas cavidades. Debido al carácter poco convencional de estos espeleotemas no es raro que en ocasiones sean confundidos con otros más comunes, como estalactitas o estalagmitas.

En este trabajo se presenta una aplicación para *smartphone* que pretende ser una herramienta de consulta básica con elementos comunes y característicos (morfologías y espeleotemas) que aparecen en cuevas de origen hipogénico. El objetivo de la misma es ayudar al público no especializado a identificar y caracterizar estos elementos.

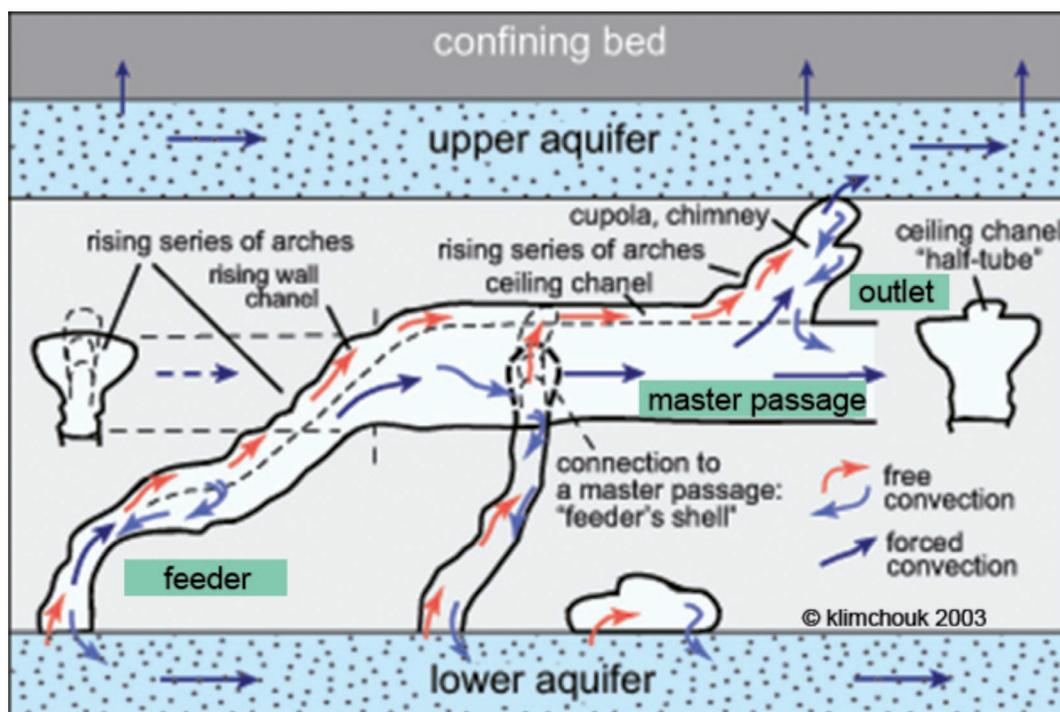


Figura 1. Modelo de flujo ascendentes en cuevas hipogénicas (*Morphologic suite of rising flow*), cortesía de Alexander Klimchouk

Para la selección de las morfologías y espeleotemas de origen hipogénico nos hemos basado en los trabajos de Klimchouk (2007), Audra et al., (2009) y otras aportaciones relevantes de Merino y Fornos (2010) y Merino et al., (2011) entre otros. Estos trabajos sobre cuevas hipogénicas en diversas partes del mundo se aplican aquí a cuevas de la Región de Murcia, donde se han identificado hasta 14 cavidades que presentan evidencias claras de este tipo de mecanismos (Ros et al., 2014; Gázquez et al., 2016) tal y como se resume en la Tabla 1.

CUEVAS HIPOGÉNICAS EN LA REGIÓN DE MURCIA
TABLA DE REDES - MORFOLOGÍAS - ESPELEOTEMAS

Selección de Cavidades		Sima de la Higuera	Sima Destapada	Cueva del Puerto	Cueva del Agua	Sima del Pulpo	Cueva del Pozo	Sima de la Plata	Cueva del Agua-Lorca	Cueva de Luchena	Cueva del Gigante	Sima del Almez
Cavidades tipo												
espeleometría-desarrollo	Reconido desarrollo metros	5500	3400	4389	3620	4780	1254	373	546	561	610	220
Maze caves	Redes laberínticas	X	X	X				X	X	X	X	
Network maze caves	Redes reticuladas	X	X	X					X			
Spongework maze caves	Redes irregulares	X	X	X	X			X	X	X	X	
	Redes morfología planar	X	X	X	X	X	X	X	X			
	Grandes Salas	X	X	X				X				X
	Salas con ramificaciones ascendentes	X		X				X		X		
	Drenes ascendentes y surgentes		X		X	X	X		X			
Anomalia geotérmica	Temperatura aire (T. agua en C. Agua)	21ª	29ª	20ª	30ª				21ª			
Morfología interior												
Feeders	canales verticales de alimentación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rising wall channels	canales de pared ascendentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ceiling channels	canales de techo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Composed pockets	cúpulas coalescentes	X	X	X	X		X	X	X		X	X
Subdued pockets	pequeñas cúpulas	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Wall pockets	cúpulas en paredes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ceiling pockets	cúpulas en techo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Outles	estructuras de fuga ascendente, descargas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Underdeveloped outles	morfologías sin desarrollar, cerradas sin continuidad	X	X	X	X		X				X	X
Successful outles	estructuras que comunican dos niveles	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Dead Ends	galerías ciegas	X	X	X	X		X		X	X	X	X
Partitions	tabiques de roca	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Bubble trails	canales de disolución sobre paredes	X	X	X								
Collapses	colapsos	X	X	X	X			X	X			
Cúpulas ramificadas	pseudogalerías/pseudopozos	X	X	X		X	X					
Bowork	formas nido de abeja, cajas	X	X	X	X				X		X	
Scallops	formas sección elíptica en paredes y techos, costras	X	X	X	X				X		X	X
Yesos	Presencia de yesos, paredes, ...			X								
Espeleotemas												
Folias	Placas de calca a modo de gours inertidos	X				X						
Tower coral	pináculos coraloides	X	X									
Coralloids	Corales	X							X			
Porcon	Palomitas	X	X									
Raft cones	Conos	X							X			
Double tower cones	Conos dobles	X										
Micro cones	Micro conos 1-10 cm.	X										
Cave raft	Calca flotante	X	X	X	X	X			X			
Moonmilk		X	X						X			
					X							
Clouds	Nubes	X				X		X				
Pool fingers	Estalactitas submarinas origen organico	X			X							
Conulites	Vasos de chapoteo	X										
Micritized rind	Calca micritizada	X							X			
Spar	Cristales	X	X						X			
Dogtooth calca	Dientes de perro	X							X			
Aragonite	Agujas de aragonito		X									
Gypsum flowers	Flores de yeso			X		X						
Gypsum	Presencia de Yeso		X	X		X						

Tabla 1. Elementos hipogénicas de algunas cuevas de la Región de Murcia

App hypogenic morphology

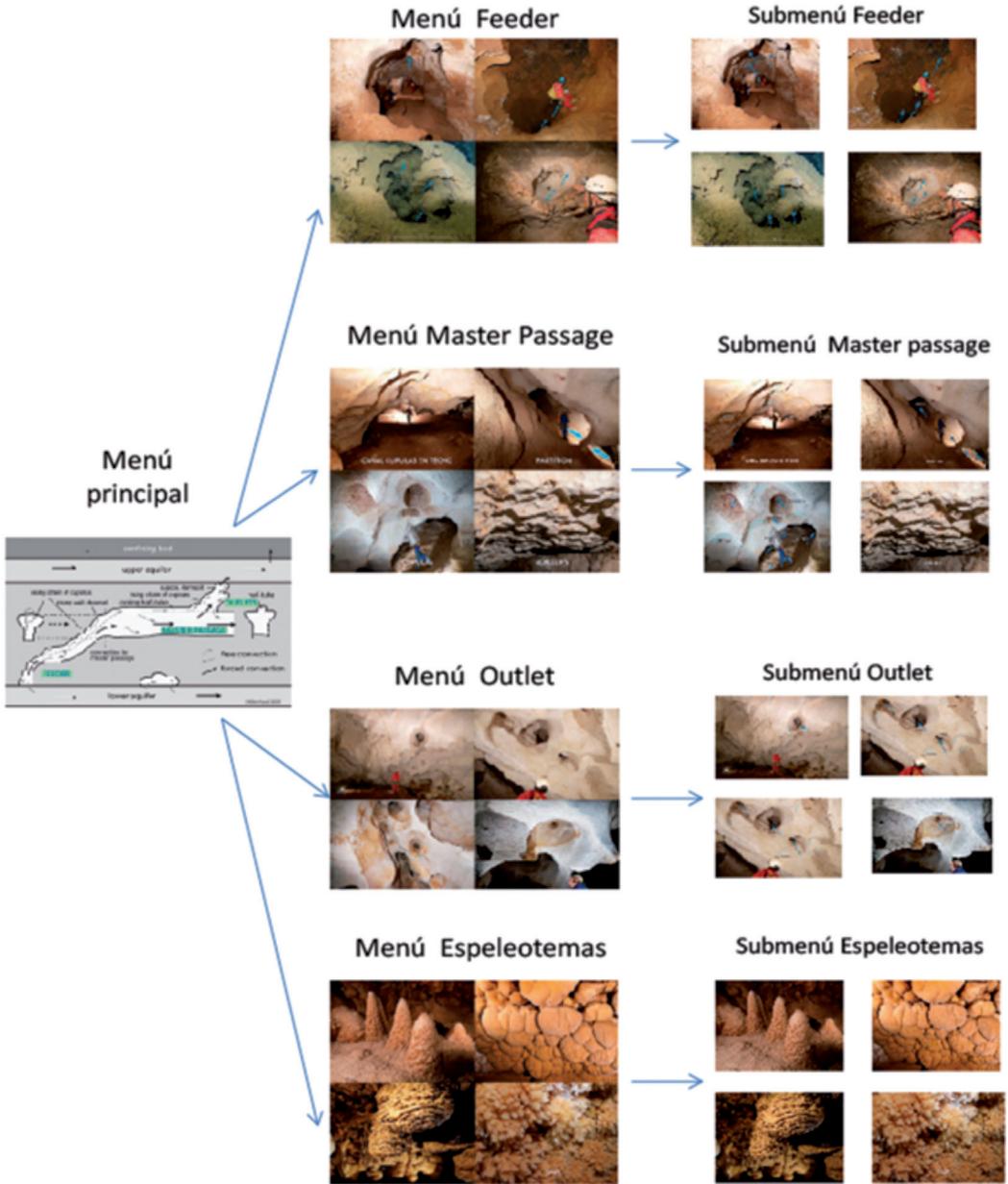
La app que presentamos recopila elementos morfológicos comunes para la mayoría de las cavidades hipogénicas, junto a espeleotemas que se desarrollan en ambientes hipogénicos o hidrotermales. Los elementos descritos en esta app son algunos de los más habituales y comunes que se pueden encontrar en cuevas hipogénicas. Para ilustrar gráficamente estos elementos hemos utilizado ejemplos de cavidades en la Región de Murcia. El número de indicadores morfológicos hipogénicos es amplio y diverso, y presentas múltiples variantes. No todos los elementos aparecen en todas las cavidades, aunque existen algunos que son extremadamente frecuentes como se puede observar en la Tabla 1.

La app consta de una estructura de menús y submenús gráfico. En el menú general se puede acceder a tres submenús que coinciden con las tres zonas de las que consta el "modelo morfológico de flujos ascendentes" (Klimchouk, 2007). Además, existe un cuarto menú dedicado a la caracterización de espeleotemas. La primera pantalla describe "modelo morfológico de flujos ascendentes", destacando los tres elementos más significativos de esta: los feeder, la zona de transición of *master passage* y los conductos de salida u *outlets*. Cada uno de los menús se describe a continuación.

Menú Feeder: Esta pantalla recoge cuatro imágenes de distintos *feeders*, que vienen acompañadas de un texto descriptivo; *"Los canales de alimentación o "feeder" permiten la entrada al sistema de flujos ascendentes de agua, generalmente de carácter termal. El agua caliente, menos densa, fluye verticalmente disolviendo la roca caliza. Una vez el agua abandona la cavidad, estos elementos quedan expuestos e modo de pozos verticales"*. Las imágenes ilustran dos *feeders* de gran tamaño o "*macro feeder*" y otros dos de pequeñas dimensiones o "*micro feeder*", también denominados "toberas" en algunos casos (Gracia et al., 2007; Merino y Fornos, 2010; Merino et al., 2011).

Menú Master Pasassage o zona de transición: *"Engloban el conjunto de conductos principales de la cavidad (máster passages) y sirven a modo de zona de transición entre los niveles profundos del acuífero y los más superficiales. Son típicos de estos ambientes las cúpulas, canales de corrosión, los pilares aislados y muros de roca (partition) y los scallops"*. Cuatro imágenes de morfologías típicas de la zona de transición acompañan a este texto, incluyendo "canal de cúpulas en techo", "partition", "cúpulas", y "scallops". *Estos últimos, suelen estar dispuestos de forma vertical en galerías de cuevas hipogénicas debido al ascenso de flujos termales, a diferencia de cuevas epigénicas, donde suelen aparecer en posición horizontal"*. Cuatro imágenes de morfologías típicas de la zona de transición acompañan a este texto, incluyendo "canal de cúpulas en techo", "partition", "cúpulas", y "scallops" con una breve descripción de todos estos elementos.

Menú Outlets: Estas morfologías se describen en el texto de la app como: *"Estructuras de fuga ascendente o puntos de descarga, están formados por cúpulas y conductos verticales que partiendo desde el techo de una galería en un nivel determinado, conecta con el siguiente situado sobre ella. En ocasiones, estructuras en techos como cúpulas o tubos ascendentes pueden dar lugar a outlets"*. Cuatro imágenes con morfologías típicas de *outlets* ("Outlet", un conjunto formado por "Ceiling pockets-outlets", un grupo de canal en el techo of "Ceiling chanel pockets", y una cúpula con canal ascendente ciego o "Dead ends") vienen acompañadas de sus correspondientes textos.



Esquema general de funcionamiento y pantallas de la aplicación

hypogenic Morphology App

Figura 2. Estructura de la app Hypogenic morphology

Menú Espeleotemas: Se describen cuatro tipos espeleotemas hipogénicos característicos. Este menú viene acompañado del texto: *“Suelen originarse cerca de la superficie de las aguas termales. El CO₂ escapa de la disolución permitiendo la formación de espeleotemas. En ocasiones, el hundimiento de finas láminas de calcita formadas sobre la superficie de lagos subterráneos da lugar a acumulaciones a modo de conos. La calcita también se deposita sobre paredes y techos generando formas redondeadas a modo de “nubes” (clouds). Los cristales de calcita (spar) de varios centímetros de longitud, formados bajo el agua, son también frecuentes en cuevas hipogénicas”*. En este menú se pueden seleccionar los submenús “Conos”, “Nubes, clouds”, “Folias” y “Spar de calcita”.

Conclusiones

La app Hypogenic morphology se ha diseñado como una herramienta básica y accesible para espeleólogos y visitantes de cuevas. Con esta premisas y partiendo de los patrones comunes y que normalmente se repiten en cavidades hipogénicas de todo el mundo, se pretende dar acceso a información didáctica sobre cavidades hipogénicas mediante una herramienta informática gratuita y de fácil manejo al alcance de la mano. La app está diseñada para equipo y terminales con sistema operativo Android y disponible para su descarga en las páginas www.cenm.es, www.cuevashipogenicasdemurcia.es y en portal de descargas de Google Play.

Conocer estos elementos típicos de las morfologías hipogénicas, que en la mayoría de las veces pueden pasar inadvertidas o poco conocidas por los aficionados, es la condición necesaria para identificar este tipo de cavidades. Además de textos didácticos, la aplicación acerca al público material gráfico de ejemplos de estos elementos singulares en cavidades hipogénicas de la Región de Murcia y es válida para otros lugares o regiones. El conocimiento del medio natural fomenta el respeto por el patrimonio geológico que nos rodea y por consiguiente, es fundamental para su conservación. De este modo, generaciones futuras también podrán disfrutar de estas cavidades.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a todo el equipo de CENM-naturaleza, Carlos Munuera, Juan Francisco Plazas, Alba Sánchez, Andrés Hurtado, Roberto Trives, Juan Antonio García, Ana Belén Cáceres, Antonio David Granados, Belén López, José L. Carcelén, Antonio Latorre, José Soto, Andrés Marín, José David Lisón, José Florencio, Jesús López, David Bayón,

Gracias a los comentarios y sugerencias en las pruebas de Alexander Klimchouk por la utilización de sus dibujos MRF y su especial colaboración. A nuestros amigos y colaboradores siempre dispuestos, Manuel Marín y José Liza.

Este proyecto se realiza con la colaboración de la Federación de Espeleología de la Región de Murcia, y la Dirección General de la Actividad Física y el Deporte de la Región de Murcia, proyecto Cuevas Hipogénicas de Murcia. www.cuevashipogenicasdemurcia.es www.espeleomurcia.es

Referencias

- Audra, P., Mocochain, L., Bigot, J. y Nobécourt, J.C. 2009. Morphological indicators of speleogenesis: Hypogenic speleogens. *Hypogene speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Proceedings of the conference held May 13 through 17, 2009 in Chernivtsi, Ukraine, 23-32.
- Garay, P. 2013. Consideraciones sobre el karst y cuevas hipogénicas, con referencias al ámbito valenciano. *Boletín de la SEDECK*, 9: 16-29.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Rull, F. y Martínez-Frías, J. 2012. Espeleotemas y evidencias de cavernamiento hipogénico de la Sima de la Higuera (Pliego, Murcia). *IV Congreso Español cuevas Turísticas*, Palencia, 21-34.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M. y Rull, F. 2012. Boxwork and ferromanganese coatings in hypogenic caves: an example from Sima de la Higuera Cave (Murcia, SE Spain). *Geomorphology*, 117-118: 158-166.
- Gázquez, F. y Calaforra, J.M. 2013. Hypogenic speleogenesis and speleothems of Sima de la Higuera (Murcia, southeast Spain). *16th International Congress of Speleology*, Brno. Vol III: 78-83.
- Gázquez, F. y Calaforra, J.M. 2013. Origin of double-tower raft cones in hypogenic caves. *Earth Surface and Land Processes*, 38: 1655–1661.
- Gázquez, F. y Calaforra, J.M. 2015. La proyección turística de la Sima de la Higuera (Pliego). *Libro de Ponencias de las I Jornadas Regionales de Turismo Científico-Geológico*. Ed: Ayuntamiento de Pliego. 61-66.
- Gázquez, F., Calaforra, J.M., Ros, A., Llamusi, J.L. y Sánchez, J. 2016. Hypogenic morphologies and speleothems in caves of the Murcia Region, south-eastern Spain. *Proceeding of the 3rd International Deepkarst conference*, Carlsbad. En prensa.
- Ginés, J., Fornos, J., Ginés, A., Merino, A. y Gràcia, F. 2014. Geologic constraints and speleogenesis of Cova des Pas de Vallgornera, a complex coastal cave from Mallorca Island (Western Mediterranean). *International Journal of Speleology*, 43: 105-124.
- González-Ramón, A., Segura-Herrera, A., Sánchez-Díaz, T.J., Ignatenko, A., Gea-López, R.D., Pérez-Martínez, P., Belmonte-Jiménez, G. y Carra-Vélez, R. 2014. La cueva de Luchena, un ejemplo de cavidad hipogénica relacionada con descargas de aguas subterráneas en el acuífero Pericay-Luchena (Lorca, Murcia). En: *Iberoamérica Subterránea*. (Ed. J.M. Calaforra and J.J. Durán). Asociación Española de Cuevas Turísticas, 321-331.
- Gracia, F., Fornos, J., Clamor, B., Febrer, M. y Gamundi, P. 2007. La cova de Sa Gleda I. sector classic de Ponent I, sector Cinc-Cents (Manacor, Mallorca): geomorfología, espeleogénesis, sedimentología i hidrología. *Endins*, 31: 43-96.
- Klimchouk, A. 2007. Hypogene Speleogenesis: Hidrogeological and morphogenetic perspective. *Special Paper no. 1, National Cave and Karst Research Institute*, Carlsbad.
- Merino, A. y Fornós J. 2010. Los conjuntos morfológicos de flujo ascendente (Morphologic Suite of Rising Flow) en la cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca), *Endins*, 34: 87-102.
- Merino, A, Ginés, J. y Fornós J., 2011 Evidéncies morfològiques de processos hipogénics a cavitats de Mallorca, *Endins* 35: 165-182.
- Ros, A., Llamusi, J.L y Sánchez J. 2014. Cuevas hipogénicas en la Región de Murcia (España). I *Congreso Iberoamericano y V Congreso Español sobre Cuevas Turísticas*. Aracena- Huelva. 403-418.