

## **Aspectos geomorfológicos del sistema cavernario Majaguas-Cantera. Campañas de exploración y topografía 2012-2016 (Pinar del Río, Cuba occidental)**

V. Otero-Collazo <sup>(1)</sup>; A. González-Ramón <sup>(2)</sup>; J. J. Valdés-Ramos <sup>(3)</sup>; J. M. Pajón-Morejón <sup>(4)</sup>; M. Alons-Martínez <sup>(5)</sup>; O. Chávez-Bonor <sup>(6)</sup>; M. Sluka <sup>(7)</sup>, G. García-Pulpeiro <sup>(6)</sup> y A. Pou-Royo <sup>(8)</sup>

<sup>(1)</sup> GEA Ciro Berrios SEC

vlado6208@nauta.cu

<sup>(2)</sup> Instituto Geológico y Minero de España. Urb. Alcázar del Genil, 4. Edf. Zulema bajo. Granada. España; antonio.

gonzalez@igme.es. Asociación Espeleológica Velezana. Vélez Rubio-Almería. España,

espeleovelez@gmail.com

<sup>(3)</sup> National Research Council Canada. Information and Communication Technologies, 1200 Montreal Rd, Ottawa ON

K1A 0R6, Canada

julio.valdes@nrc-cnrc.gc.ca.

<sup>(4)</sup> Museo Nacional de Historia Natural de Cuba. Obispo 61, Plaza de Armas, La Habana Vieja, La Habana, Cuba. CP:

10 100,

jesusmpajon@gmail.com

<sup>(5)</sup> Sociedad de Ciencias Espeleológicas Alfonso Antxia,

alonso.mariam@gmail.com

<sup>(6)</sup> Grupo Espeleológico Martel de la Sociedad Espeleológica de Cuba.

<sup>(7)</sup> Geospeleos, Czech Speleological Society and Speleoklub Cervene vrchy, Slovak Speleological Society,

martinsluka@mac.com

<sup>(8)</sup> Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid. c/ Francisco Tomás y Valiente, 7. Universidad

Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049, Madrid,

antonio.pou@uam.es

---

### **RESUMEN**

El sistema Majaguas-Cantera se desarrolla en calizas jurásicas de la Sierra de San Carlos, que forman parte del karst tropical de mogotes de la Sierra de los Órganos (Pinar del Río, Cuba occidental). Se trata de una gran red de conductos kársticos relacionados con la red de drenaje vertiente al río Cuyaguatzeje, el principal del occidente de Cuba. En la vertiente S de la Sierra se localizan varios cauces que penetran por sumideros en su interior. Los principales son los ríos Majaguas y Cantera, que dan nombre al sistema. Las surgencias de agua subterránea se localizan en los bordes N y O. La red kárstica se extiende a partir de varios niveles de cavernamiento que podrían relacionarse con superficies de erosión desarrolladas en los mogotes y en la cuenca vertiente a los sumideros, con variaciones glacioeustáticas del nivel del mar durante el Cuaternario, con reajustes neotectónicos y con la fracturación. El sistema fue descubierto en 1962 y durante varias décadas se realizaron trabajos de exploración y cartografía que permitieron aquilatar tanto la dimensión del sistema como sus características fundamentales. Sin embargo, en 2010 dos factores motivaron un replanteo de la investigación: *i)* la pérdida de accesibilidad respecto a gran parte del material cartográfico y *ii)* la constatación de que, producto del uso de diferentes técnicas e instrumentos (hoy en día anticuados) por parte de muy diferentes equipos de trabajo a lo largo de muchos años, la calidad de dicha base cartográfica estaba lejos de corresponderse con los estándares actuales. A partir de 2012, un grupo de investigadores y espeleólogos, cubanos en sus inicios y, posteriormente, también españoles y checos, han estado trabajando en campañas anuales con el objetivo de

levantar un nuevo mapa del sistema que constituya una base apropiada para la investigación científica en sus aspectos espeleogenéticos, en paralelo con estudios paleoclimáticos, geomorfológicos e hidrogeológicos del karst de la región. Se presentan los resultados más relevantes.

**Palabras clave:** dolina, fracturación, karst tropical, Sierra de San Carlos, sumidero.

## ***Geomorphological aspect of the Majaguas-Cantera cave system. Campaigns of exploration and surveying in 2012-2016 period. (Pinar del Río, Western Cuba)***

### **ABSTRACT**

*The Majaguas-Cantera cave system is placed in the Sierra de San Carlos Jurassic limestones which are part of the Sierra de los Organos mountain range (Pinar del Río, Western Cuba) with an impressive Mogotes and Kegelkarst landscape. It is composed of a large network of karst conduits related to the Cuyaguaje River drainage basin, the most important of western Cuba. Several rivers have sinks at the Sierra de San Carlos southern flank. The larger ones are the Majaguas and Cantera rivers, naming the system. Main water springs (resurgences and exurgences) are located at the N and W borders. The cave system spans a network of underground passages and chambers with several cave levels that can be related to erosion surfaces observed on the mogotes and on the basins associated to the ponors, being as well conditioned by Quaternary glacio-eustatic sea levels, neotectonic deformation and in connection to different fracture systems affecting the limestones. The cave system was discovered in 1962 and for several decades it was explored and surveyed. These works revealed the magnitude of the system as well as its main characteristics. However, in 2010 two fundamental elements motivated a reassessment of the research work on the system: i) the loss of accessibility with respect to a large body of underground cartography materials and ii) the realization that due to the use of different instruments and techniques, by so many different teams for so many years, the quality of such cartographic base was far from matching current standards and state of art. From 2012 a group of researchers and speleologists, Cubans initially and later also Spanish and Czech cavers, have been conducting annual campaigns with the objective of elaborating a comprehensive cartographic material in order to serve as an appropriate foundation for scientific research. It includes speleogenetic aspects, in parallel with paleoclimatic, geomorphological and hydrogeological studies of the karst region. The most relevant results of these campaigns are presented.*

**Key Words:** doline, fracturation, kegelkarst, Sierra de San Carlos, sink.

### **Antecedentes**

El sistema cavernario de Majaguas-Cantera ha sido utilizado por el hombre desde tiempos inmemoriales. Los indicios más antiguos encontrados se relacionan con la población aborigen (4000-2000 años B.P.) (Acevedo, 1979). En la cueva, además de los indocubanos encontraron refugio los cimarrones, los mambises y los guerrilleros castristas. Su exploración se inició en 1963, con el descubrimiento de las cavidades que se abren en el N de la Sierra de San Carlos (Acevedo, 1967) denominadas Cueva de Dos Anas, resurgencia del río Majaguas y Cueva de los Gigantes. Hasta el año 1966 se exploró también el sumidero del Majaguas, en la zona S, y otras cavidades de los niveles superiores.

El levantamiento topográfico comenzó en 1963 en los niveles superiores del sumidero del Majaguas hasta el salón de la Magnificencia. En esa fecha también se realizó la primera travesía, siguiendo el Cauce Actual y por el Laberinto del Aserradero hasta Cueva Fría, siguiendo la corriente principal de agua desde las bocas del sur de la sierra hacia las entradas de la ladera norte (Figs. 1, 3 y 10).

En 1972 se topografió Dos Anas hasta la sala homónima y los Gigantes hasta el Hoyo de los Helechos. En 1973 se descubrió la entrada al sistema por el Hoyo de los Helechos, denominada cueva del XX Aniversario, y se realizó la primera travesía en sentido N-S. En ese año se habían medido 9274 m de galerías, que incluían los sectores de la Cueva de Dos Anas, Galería del XX aniversario-Cauce Actual, Cueva Superior del Sumidero del Arroyo Majaguas y Cueva Fría (Acevedo y Valdés, 1974). Las galerías exploradas se estimaban en unos 13 km. Los trabajos en estas fechas fueron realizados por espeleólogos cubanos y polacos.

En la primera mitad de la década de los años 80 del pasado siglo se descubrió Cueva Chafa, una cavidad que se abre en una de las paredes del Hoyo de los Helechos y que forma parte del sistema. En el año 1982 se estimaba una longitud total de galerías del sistema de cerca de 29 km, con 25,11 km topografiados. En 1987 se topografiaron las zonas más profundas de Dos Anas y se descubrieron y topografiaron los grandes salones de El Laminador y Gugulandia (Fig. 9). En 1989, se exploraron y topografiaron la galería del Tronco y el Palacio de Plutón, siendo este último la conexión con la cueva de los Bertamis, que comunica con el exterior el sector de Dos Anas. También en este año un grupo de espeleólogos ingleses descubrió la cueva de Dos Hermanos. Se topografió esta cueva y el Sumidero del río Cantera y se comunicó la galería del Tronco con la cueva de Los Pájaros. A principios de la década de los 90 se descubrió y topografió la sala de Félix Ugarte, la galería del Mirry, el salón Superior del Feo en el sector de Dos Anas y otras galerías del sector XX Aniversario-Cauce Actual (Fig. 1). También en esta época se descubrieron, en la sierra de San Carlos, otras cavidades como Abel y Caín, Julio Verne, Scartaris (Fig.3) entre otras que, aunque no directamente comunicadas con las anteriores están genéticamente relacionadas. En 1999, Iturralde-Vinent y Gutiérrez-Domech hablan ya de un desarrollo de 33,5 km basado en información procedente de la Sociedad Cubana de Espeleología (en Núñez-Jiménez y Gutiérrez-Domech, 1994). Moleiro y Flores (1997, en Pedroso *et al.*,

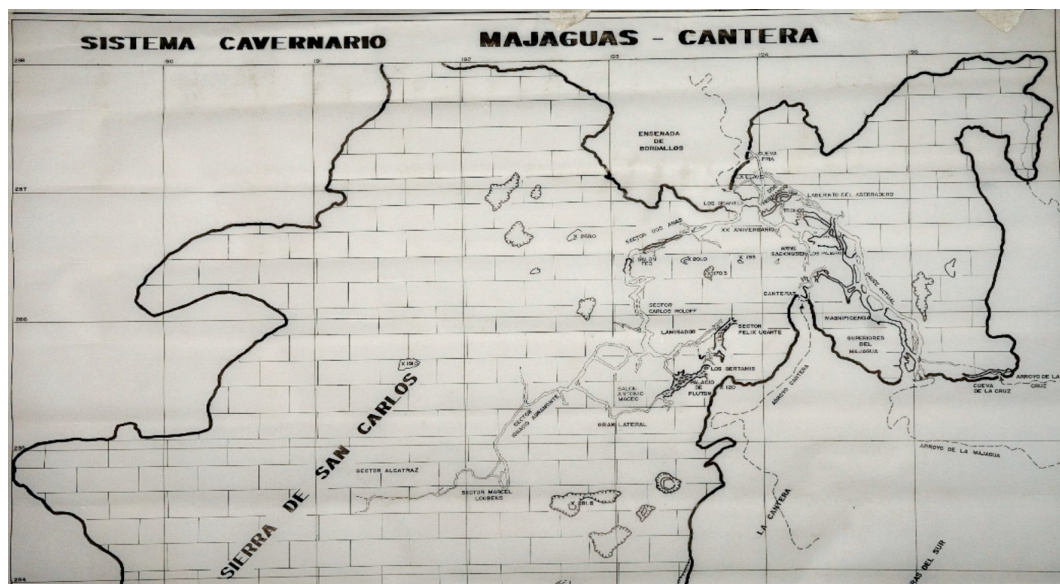


Figura 1. Resultados obtenidos en la topografía del sistema hasta el año 1995. Mapa realizado a partir de originales confeccionados a escala 1:1000

2001) indican que el sistema tiene más de 33 km, desarrollados en 9 niveles de cavernamiento. Posteriores trabajos mencionan desarrollos en torno a 35 km, si bien, siempre basados en citas del trabajo de Moleiro y Flores de 1997.

En 2010 dos factores motivaron un replanteo de la investigación: *i)* la pérdida de accesibilidad respecto a gran parte del material cartográfico y *ii)* la constatación de que, producto del uso de diferentes técnicas e instrumentos (hoy en día anticuados) por parte de muy diferentes equipos de trabajo a lo largo de muchos años, la calidad de dicha base cartográfica estaba lejos de corresponderse con los estándares actuales, especialmente en lo que respecta a los datos de inclinación, muy importantes a la hora de definir cotas de niveles de cavernamiento e interpretar las relaciones genéticas entre distintas zonas de la cavidad.

El objetivo de este artículo es describir los principales aspectos geomorfológicos de la cavidad y los nuevos trabajos que se están llevando a cabo en ella.

Las primeras nuevas campañas de topografía se centraron en la Cueva de Dos Anas. En 2012 se topografiaron 3193 m de galerías; las herramientas utilizadas fueron Brújula y clinómetro Suunto para direcciones y verticales y cinta métrica para distancias. En 2013 se introdujo el láser Disto D8 de Leica para distancias y verticales. En esta campaña se topografiaron 2576 m en total. En 2014 la distancia medida fue de 2375 m. Estas tres primeras campañas se desarrollaron en la Cueva de Santa Ana, como ya se ha indicado. En 2015 se organizó el levantamiento topográfico en dos equipos, uno con las mismas herramientas descritas y otro con un láser Leica Disto X310 modificado, con capacidad de medir los tres parámetros (distancia, ángulo vertical y horizontal) en un solo disparo. En esta campaña se topografió la cueva de los Gigantes, la Galería del XX aniversario, los niveles superiores del Sumidero de Majaguas, la Galería de las Ninfas y las grandes salas de la Cueva de los Pájaros, el total para ese año fue de 6290 m. Hasta 2015 se han retopografiado 14434 m.

Los datos topográficos han sido tratados con el programa Therion v 5.3.16 desarrollado por Stacho Mudrák y Martin Budaj (Budaj y Mudrák, 2008), que permite el tratamiento de las galerías en 3D (Fig. 8).

## Localización geográfica

La cavidad se encuentra en la Sierra de San Carlos, al SO de la región de Sumidero (Pinar del Río). Se trata de uno de los macizos que constituyen la Sierra de los Órganos, localizada a unos 200 km al SO de la ciudad de la Habana (Fig. 2) (Acevedo, 1971). La Sierra limita al N y NO con otros mogotes calcáreos por estrechos desfiladeros, tales como la Trinchera, la Herrería al E, y los Acostas (Mal Paso-La Estrechura) al O. Al SE un valle la separa de las cuchillas de la Alturas de Pizarra del Sur (Acevedo y Valdés, 1974). La principal vía de drenaje es el río Cuyaguatete. Varios cauces penetran a través de sumideros por el borde sur de la Sierra; los más importantes son los que dan nombre al sistema: el Río Majaguas con una cuenca vertiente de 8,5 km<sup>2</sup> y el río Cantera con una cuenca de 8 km<sup>2</sup> (Fig. 3).

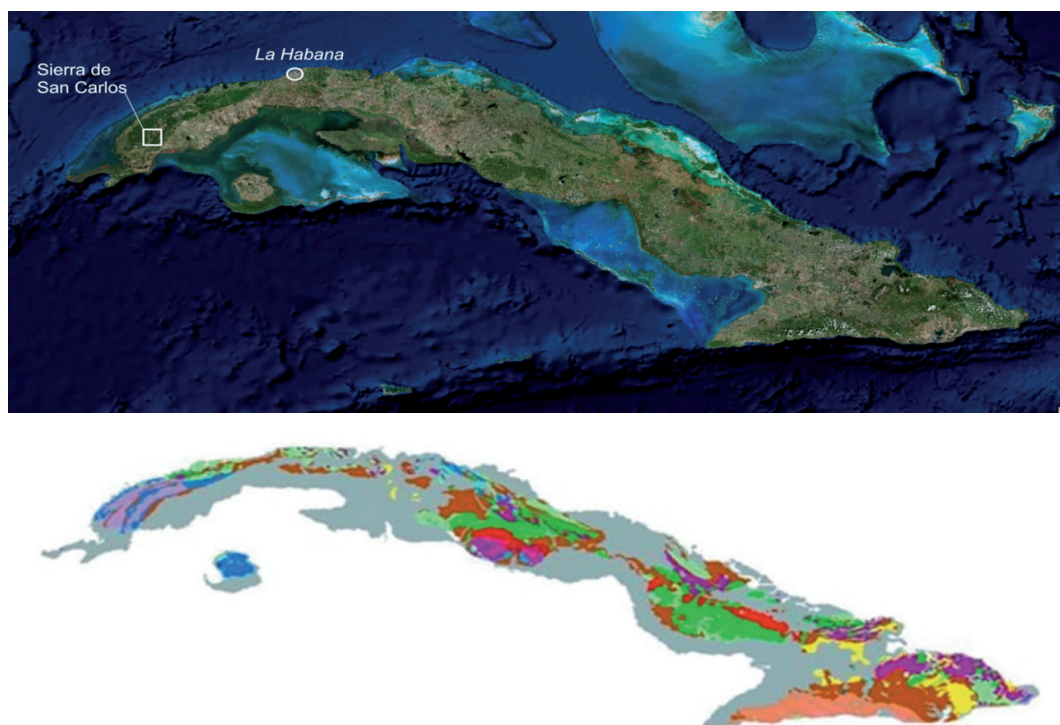


Figura 2. Arriba: localización geográfica de la Sierra de San Carlos (imagen de ESRI Imagery). Abajo: mapa geológico de Cuba (Gutiérrez-Domech, 2013)

La temperatura media anual en la zona se sitúa en torno a 21-25°C y la precipitación entre 1600 y 1800 mm, con una media de 1720 mm anuales (Pajón *et al.*, 2001). La época seca se extiende de noviembre a abril (Acevedo y Valdés, 1974).

### Aspectos geológicos y geomorfológicos

La Sierra de San Carlos esta formada por un afloramiento de carbonatos de 25,94 km<sup>2</sup> con una intensa karstificación superficial. Los bordes son abruptos, prácticamente verticales en casi todo su perímetro; la superficie aparece con una densa cobertura vegetal tropical, donde se ha labrado un lapiaz de crestas y agujas en las zonas donde los carbonatos aparecen descubiertos, lo que hace que caminar por su superficie sea complicado. El otro rasgo más característico es una intensa dolinización que afecta a todo el afloramiento y el desarrollo de bogaz en relación con las fracturas más importantes que atraviesan el mogote, que aparecen bien marcadas.

El mogote se desarrolla sobre materiales jurásicos. El substrato está formado por arcillas arenosas del Jurásico inferior de la formación San Cayetano, sobre la que se sitúan las formaciones Jagua y Viñales (Guassasa) del Jurásico superior. La primera está formada por calizas micríticas bien estratificadas con intercalaciones de esquistos arcillo-margosos y lutitas (Gutiérrez-Do-



mech y Barrientos-Duarte, 2001) de edad Oxfordiense medio-superior. A techo, la secuencia pasa a calizas micríticas y calcarenitas, a veces con sílex lenticular y generalmente masivas (Formación Guassasa), de edad Kimmeridgiense. Según algunos autores (Acevedo, 1971; Gutiérrez-Domech y Barrientos-Duarte, 2001), el sistema cavernario de Majaguas-Cantera, así como las grandes cuevas de la Sierra de los Órganos se desarrollan en la zona de contacto entre estas dos formaciones. Para estos autores, las formaciones citadas dan lugar a las áreas más karstificadas del país.

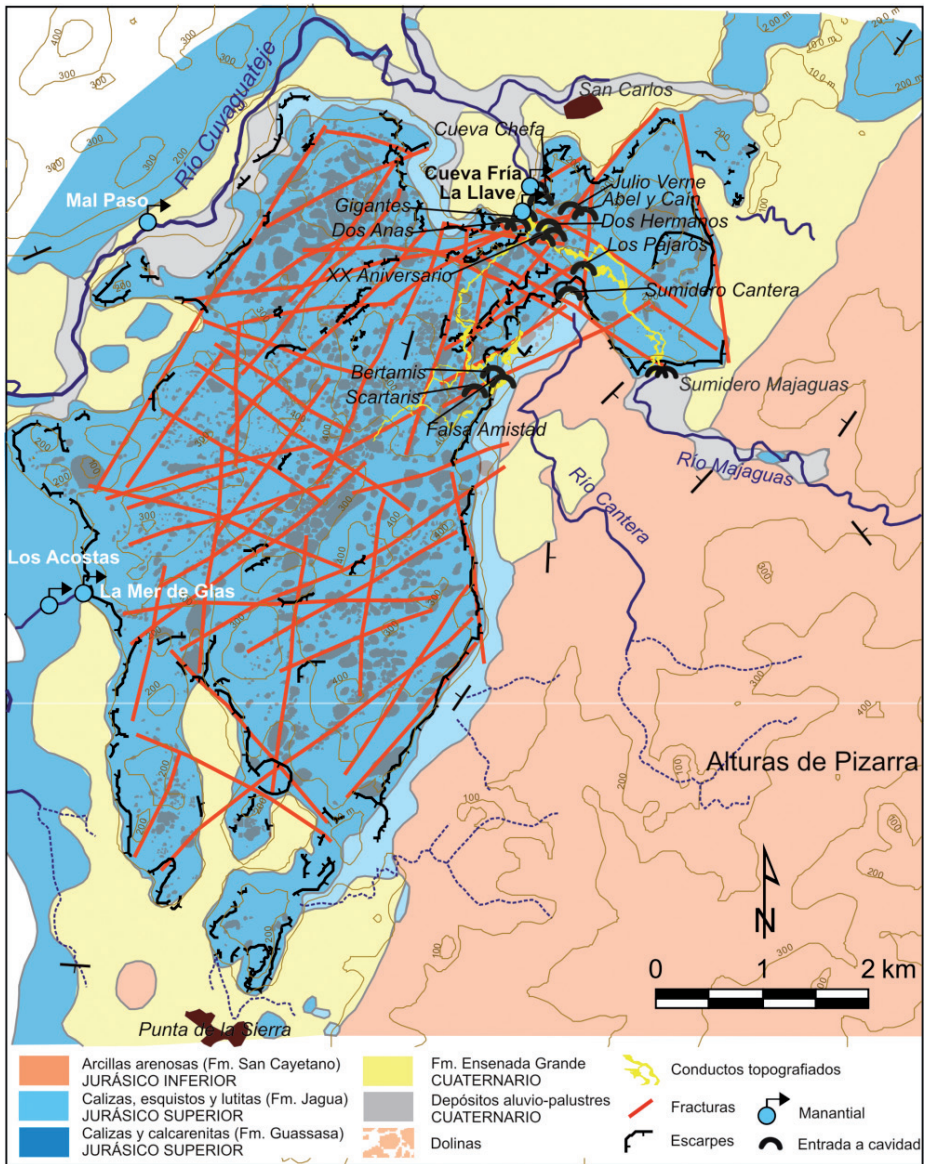


Figura 3. Mapa geomorfológico de la Sierra de San Carlos

La formación San Cayetano aflora al SO del mogote y da lugar a las denominadas “Alturas de Pizarra” en las que se han labrado las cuencas vertientes a los sumideros de los arroyos de Majaguas y Cantera, y otros menos importantes en el borde suroccidental de la sierra.

La región se encuentra configurada en diferentes unidades geomorfológicas (Acevedo, 1971). Los relieves están formados por estructuras kársticas representadas por los mogotes (Kegel y Turmkarst) y otras no kársticas que constituyen las alturas de Pizarra o “Cuchillas de Pinares”. El denominado “Fondo de los Hoyos de terreno” representa la superficie aplanada de relleno sedimentario del Pleistoceno superior y del Holoceno que se desarrolla en la base de los mogotes, a cotas en torno a 80-100 m. Esta superficie (S0a y b en la Fig. 4) constituye el nivel de base de cavernamiento activo actual del sistema Majaguas-Cantera (Acevedo, 1971; Flores Valdés, 1995).

### ***Superficies de erosión y niveles de cavernamiento***

A partir del Modelo Digital del Terreno (mtd15m) se han diferenciado restos de superficies erosivas que afectan a la sierra de San Carlos en 7 niveles distintos (Fig. 4). La mejor representada y que más extensión ocupa es la S4, situada a cotas entre 300 y 350 m. Está afectada por una intensa karstificación superficial que da lugar a campos de dolinas, uvalas, bogaz y lapiaz y es la superficie fundamental que marca el límite del desarrollo de conductos endokársticos conocidos, junto con la S3. La superficie S4 fue identificada por Lehmann (1955, 1960 y 1968, en Acevedo, 1971) y Acevedo (1971) como el nivel de aplanamiento principal de las cimas de los mogotes de la Sierra de los Órganos. Estos autores consideran que se desarrolla a cotas entre 300 y 320 m. Acevedo (1971) la denomina *Superficie Pica Pica* y le atribuye una posible edad miocena. Flores Valdés (1995) le asigna una edad Mioceno superior o Plioceno, la sitúa a cotas 300-350 m y la asocia a un nivel de cavernamiento actualmente desmantelado, al igual que lo estarían otros posibles niveles asociados a las superficies superiores (S5, S6 y S7) más antiguos.

La superficie S3 se localiza a cotas entre 210 y 260 m y está peor representada en la Sierra de San Carlos. Acevedo (op. cit.) la denomina *Nivel de Cavernamiento Cima*, la sitúa a cotas entre 195 y 250 m y le atribuye una edad Plioceno. La denomina así porque considera que está asociada al nivel de cavernamiento más elevado de los explorados en la Sierra de los Órganos. Flores Valdés (1995) la denomina *Superficie de Nivel Cima* y le otorga una edad Plioceno final. Por debajo de esta superficie se encontrarían, según este autor, hasta ocho niveles de cavernamiento desarrollados entre las cotas 50 y 290 m. Todas las superficies inferiores a la S4 se localizan también en las Alturas de Pizarra (Corte NNE-SSO), donde actualmente se encuentran las cuencas vertientes a los sumideros que generan los cauces subterráneos del sistema.

A partir de la nueva topografía realizada entre los años 2012 y 2014 se obtienen los siguientes niveles de cavernamiento:

#### **Sector de Majaguas**

- Cota 265 m. Entrada a la Cueva de los Pájaros. Corresponde a una boca de hundimiento del techo de la cavidad. La zona de cavidad localizada entre la entrada y el Balcón de los

Pájaros corresponde a un extenso caos de bloques. Su nivel de base se correspondería con la superficie S3

- Cota 172 m. Balcón de la Cueva de los Pájaros. Se asociaría a la S2.
- Cota 144 m Cueva Chefa. Superficie S1.
- Cotas 104 – 114 m. Nivel superior del Sumidero, Galería del Tronco. Zonas fósiles. Nunca llega el agua a ellas. Solo a la primera en eventos de muy grandes avenidas, como en el caso de ciclones con grandes cantidades de lluvias. Se asociaría a la S0b.
- Cota 96 m. Zona de Trop Plein de XX Aniversario. Sólo funciona en época de lluvias. Superficie S0a.
- Cota 80 – 100 m. Cauce Actual, Laberinto del Aserradero, La Llave. Galerías por las que circula actualmente el agua del arroyo Majaguas. Superficie S0a.

#### Sector Canteras

- Cota 237 m. Balcón Superior de los Bertamíes. Superficie S3.
- Cota 190 m. Bertamíes. Parte más baja del salón, sobre bloques. S2.
- Cota 140 m. Final del Salón del Palacio de Plutón. Sobre derrumbes, posiblemente más de 10 m. S1.
- Cota 105 m. Nivel Superior Colapsado del Salón de Dos Anas. S0b.
- Cota 92 – 110 m. Galería de la Hospitalidad, La Cimitarra, Carlos Roloff. Solo agua de infiltración. S0b.

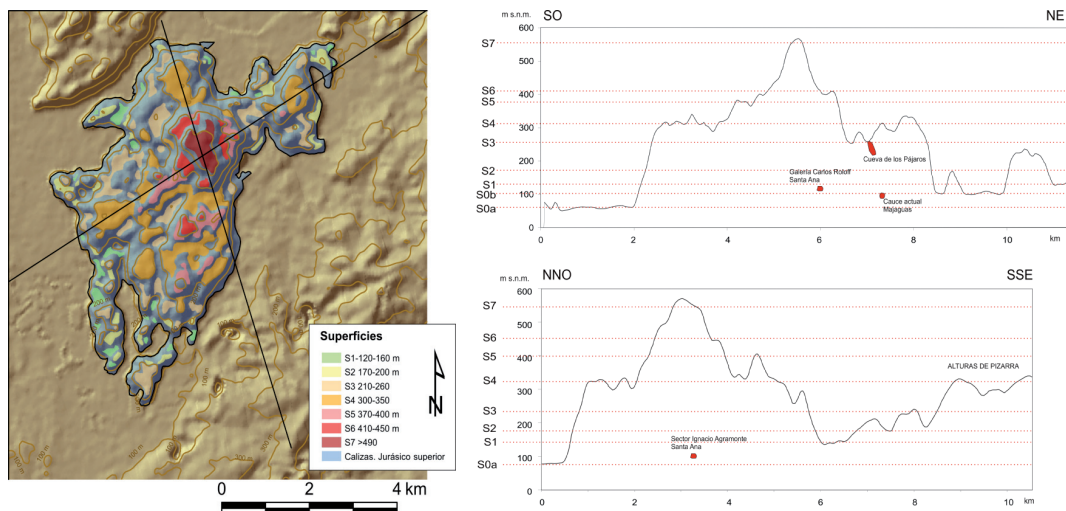


Figura 4. Izquierda: cartografía de los restos de superficies erosivas asociadas a la Sierra de San Carlos. Derecha: Cortes SO-NE y NNO-SSE con indicación de superficies y de algunas galerías topografiadas hasta 2014, sus trazas están indicadas con una línea negra en la figura de la izquierda

Flores Valdés (1995) considera además la existencia de un nivel completamente inundado y con circulación de agua sometida a presión que se relacionaría con el manantial de los Acosta,



a cota 51 m. Los niveles relacionados con las superficies S0a tendrían circulación vadosa o estacional, los niveles inferiores bajo la S0b tendría circulación esporádica solo asociada a huracanes. En otros conductos más elevados y en los asociados a la S1 se ha desarrollado un gran concrecionamiento, en ellos se encuentran las salas y galerías más atractivas. Finalmente, en los niveles superiores las morfologías de hundimiento y los caos de bloques son dominantes.

Existe un acuerdo entre los distintos autores que han trabajado en la zona sobre un desarrollo espeleogenético de los cauces inferiores ligado a las variaciones climáticas cuaternarias, influenciados por los movimientos del terreno (neotectónica). Durante los periodos fríos, el descenso de nivel del mar provocaría un descenso en el nivel de base erosivo de los cauces, lo que llevaría a su paulatino encajamiento, con periodos más estables en épocas cálidas en las que se desarrollarían los distintos niveles. En los cauces abandonados y colgados sobre el nivel de base, el rezume y goteo de aguas de infiltración lenta (autogénica) ocasionaría el desarrollo de crecimientos de espeleotemas. En los niveles más elevados, la desestabilización de techos y suelos tiene como consecuencia su desplome y la formación de grandes salas, que finalmente son abiertas al exterior y erosionadas. Acevedo (1971), considera que los niveles superiores asociados a caos de bloques tendrían su origen en el Plioceno.

**Dolinas**

Toda la superficie del mogote que da lugar a la Sierra de San Carlos aparece afectada por una intensa dolinización. A partir de la ortofoto de Google Earth para del año 2014 se ha realizado una cartografía de las dolinas que no es exhaustiva. Se han cartografiado 1672 dolinas; el

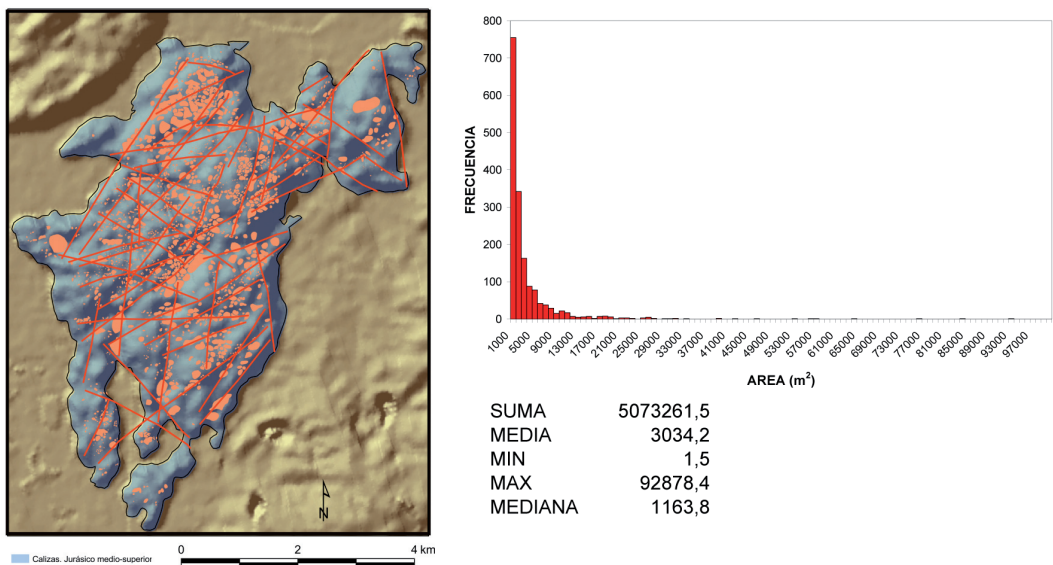


Figura 5. Mapa de dolinas cartografiadas en la Sierra de San Carlos y su relación con las principales fracturas (líneas rojas) que afectan al mogote. Gráfico de frecuencias absolutas de las áreas de las dolinas y datos estadísticos principales en m²

mapa obtenido se muestra en las Figs. 3 y 5, así como las estadísticas principales junto a un gráfico de frecuencias absolutas de las superficies de las dolinas.

La Sierra de San Carlos presenta una superficie de 26 km<sup>2</sup> de la que al menos el 20% aparece afectada por dolinas. El tamaño medio de las dolinas es de más de 3000 m<sup>2</sup>, con grandes diferencias entre las más pequeñas, de tan solo 1,5 m<sup>2</sup> y las mayores, de casi 93000 m<sup>2</sup>, si bien, más de la mitad tienen un tamaño inferior a 2000 m<sup>2</sup>. La densidad de dolinas es de 65 por km<sup>2</sup>.

En cuanto a su distribución se observan claras alineaciones con tendencia a direcciones NE-SO y N-S, condicionadas por las principales fracturas que afectan al macizo. Como ya se indicó, en todas las superficies erosivas aparecen dolinas y también fuera de ellas, en las zonas de crestas.

### Fracturas

En los mapas de las Figs. 3 y 5 se han dibujado las fracturas de mayores dimensiones que se observan en el afloramiento y en la Fig. 6 las menores a partir de la ortofoto de 2014 de Google Earth. Los diagramas de rosas obtenidos a partir de las direcciones se muestran también en la Fig. 6. En lo que respecta a las fracturas mayores se obtienen direcciones preferentes para las familias N50-60E, N20-30E y N140-160E en un total de 264 direcciones de fracturas medidas. Las fracturas menores medidas han sido 1973 con direcciones preferentes mayoritarias para las familias N150-160E, que pueden agruparse en la N140-180E y otras menores en torno a N50-100E. Las direcciones que se ajustan a las familias la N50-60E se corresponden con las direcciones principales de las estructuras geológicas (Iturralde-Vinent, 1998), la segunda agrupación de fracturas, la N140-180E es más o menos perpendicular a la anterior.

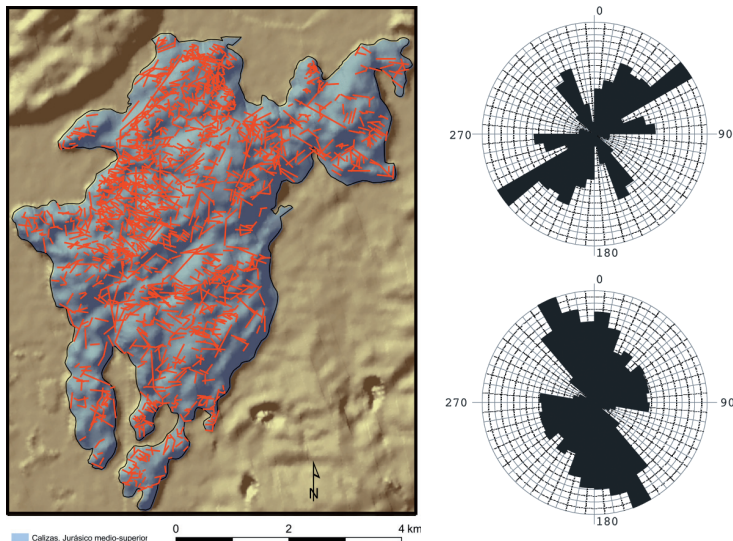


Figura 6. Mapa de fracturas obtenido a partir de la ortofoto de 2014 (Google Earth). Diagramas de rosas de fracturas principales (arriba) y de fracturas menores (abajo)

## Descripción del sistema cavernario

El sistema cavernario Majaguas – Canteras se ha dividido históricamente en dos subsistemas: Dos Anas (o Sector Canteras) y XX Aniversario (también denominado Sector Majaguas) y (Fig. 7). Aunque por su origen son dos cuevas independientes, ambos sectores se unen en la Cueva de los Gigantes, posiblemente cuando la pared del macizo estuviera algo más adentrada en la ensenada de Bordayo. El colapso del Hoyo de Helechos, con una morfología actual de dolina de hundimiento, provocó la separación virtual de ambas cavidades y también de otra cavidad menor: Cueva Chefa.

### Subsistema de Dos Anas

La cueva de Dos Anas es una cavidad emisiva, como se ha comprobado por las evidencias paleohidrológicas, específicamente por los *scallops* estudiados, con una paleocirculación de S a N, con una cierta predominancia del caudal alóctono sobre el autóctono, aunque éste último presenta una importante influencia en la morfología. Los *scallops* indican direcciones de flujo

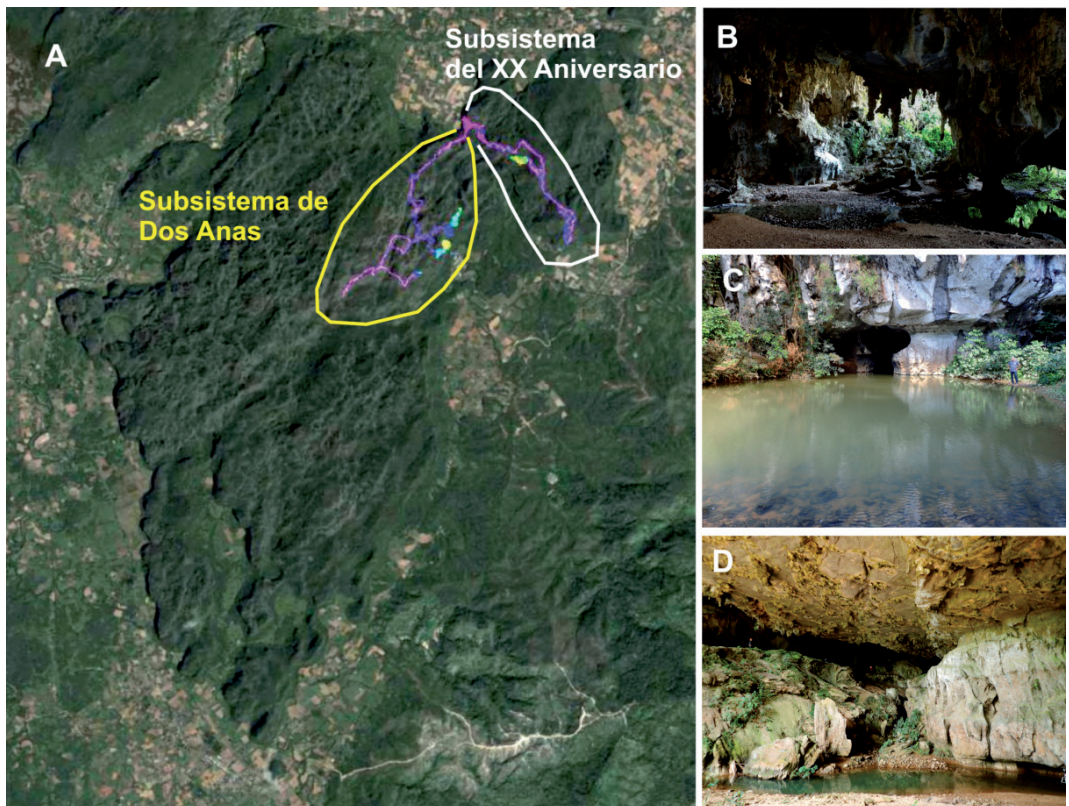


Figura 7. A: Ubicación del Sistema Cavernario Majaguas – Canteras con la nueva topografía realizada hasta 2015 en la Sierra de San Carlos y subdivisión en subsistemas. B: Cueva de Los Gigantes. C: Surgencia de La Llave. D: Sumidero del río Majaguas y acceso a las Galerías Superiores



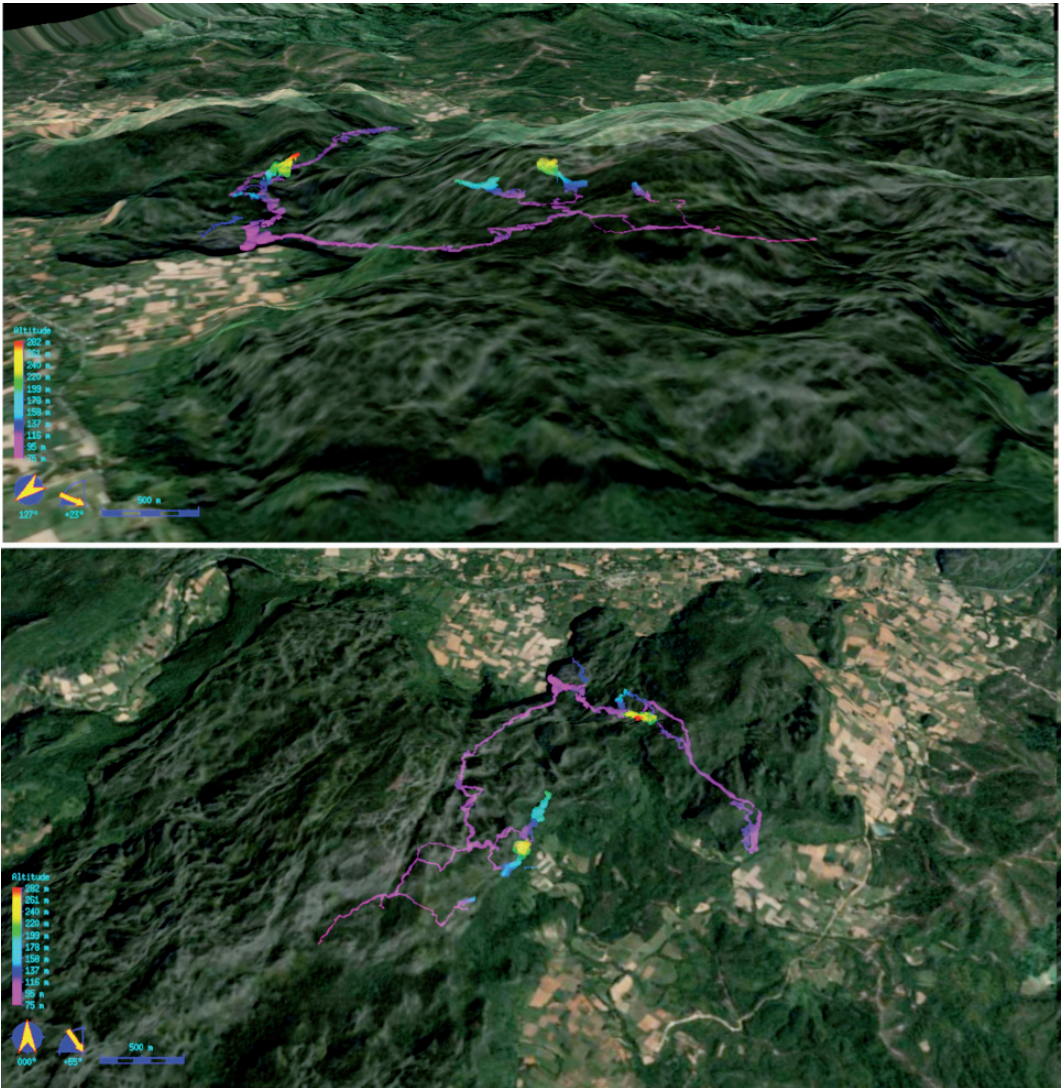


Figura 8. Salidas 3D de las galerías topografiadas hasta la campaña de 2016

en el sentido NO desde el sumidero del Canteras hacia la Ensenada de Bordayo por la entrada de la cueva de Dos Anas (Fig. 9A), pero en el punto de confluencia entre la galería del sumidero de Canteras con la Cueva de Dos Anas (El Meandro-El Comedor) hay una bifurcación del flujo con una componente en dirección SO, en dirección opuesta, hacia las zonas profundas de la Cueva de Dos Anas (Pajón *et al.*, 2001).

Desde las primeras exploraciones, hasta finales de los años 1980, se asumió por parte de los investigadores que, el sumidero del Arroyo Canteras, era el responsable directo de la circulación actual del agua solo en las zonas profundas del sector Dos Anas, siendo la principal fuente

de alimentación de los manantiales Los Acostas y la Mer de Glas, en el sector más occidental de la sierra (Fig. 3). Se han observado crecidas en el arroyo Cantera que repercuten en las surgencias de XX Aniversario, por lo que parece que este arroyo drena directamente hacia el cauce actual del sector XX Aniversario, aunque todavía se desconoce el punto de unión entre ambas corrientes.

También se desconoce la zona de entrada del agua hacia los sectores más profundos de Dos Anas, donde se ha comprobado que hay aportes desde el Arroyo Canteras en época de crecidas, por la activación de los flujos en el sector del Laminador, el Submarino y la Gran Lateral (Fig. 9A).

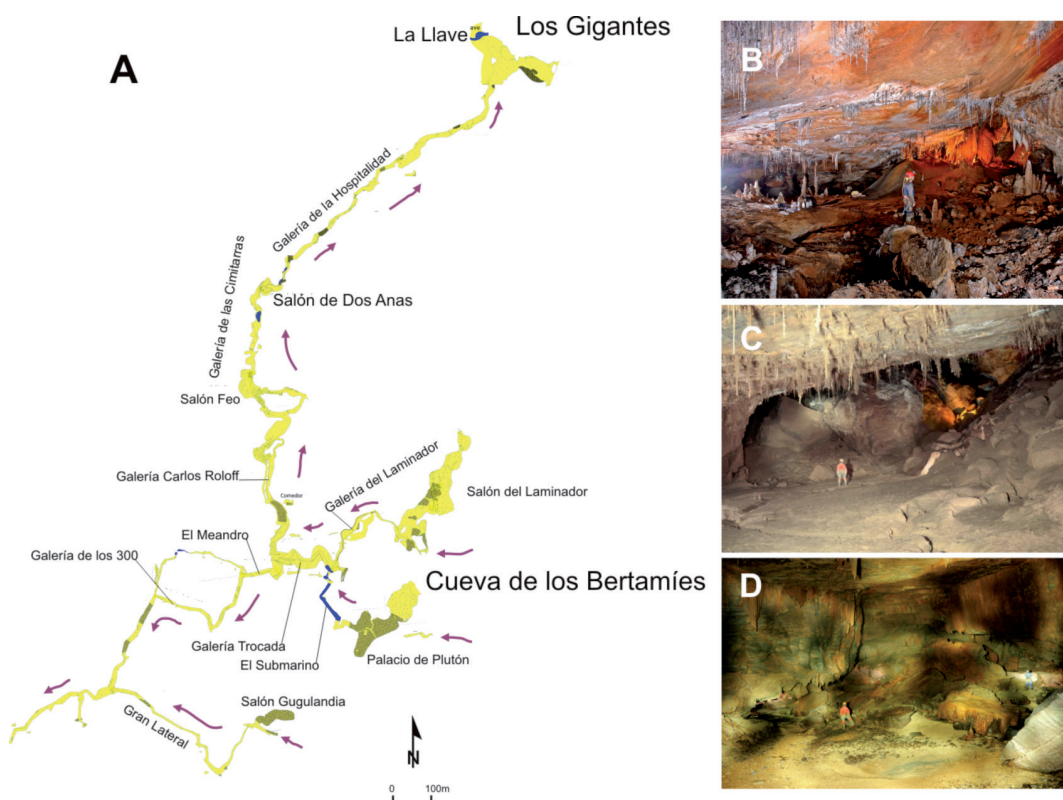


Figura 9. A: Topografía del Subsistema de Dos Anas realizada entre los años 2012 y 2014. B: Galería de las Cimitarras. C: Salón del Laminador. D: El Meandro, zona de bifurcación de flujos en dirección SO y N. Las flechas indican direcciones de flujo deducidas de scallops

En el sector Dos Anas hay topografiados hasta el momento 8185 m con cinco niveles de cavernamiento, sin continuidad en todo el sector pues aparecen en tramos truncados de galerías obstruidas por derrumbes. Presenta varias grandes salas que generalmente se ubican en la confluencia entre varios de estos niveles.



## Subsistema XX Aniversario

El subsistema del XX aniversario está genéticamente relacionado con el sumidero del río Maja-guas situado al S de la Sierra de San Carlos. Actualmente el río penetra en el sistema a través de la gran galería denominada como “Cauce actual” (Fig. 10A) y continúa por el laberinto del Aserradero hacia la surgencia de Cueva Fría y La Llave (Fig. 1, 3 y 7C) ya en el borde N. Un conjunto de galerías superiores (Figs. 7D y 10B), a unos 10 m sobre el cauce actual, tienen su acceso ya en el mismo sumidero del río Majaguas y discurren más o menos paralelas hasta el gran derrumbe que constituye la Sala de la Sacristía (Fig. 10C) (parcialmente topografiadas hasta la fecha). La galería del XX Aniversario constituye un cauce intermedio recientemente abandonado pero que aún puede funcionar en épocas de grandes avenidas.

El acceso principal a la galería del XX Aniversario se produce a través del Hoyo de los Helechos por su borde SO (Fig. 10E). El Hoyo de los Helechos es una gran dolina de hundimiento que afecta a varias cavidades. Por la pared O se accede al gran salón de Los Gigantes (Fig. 7B), por el N, y tras escalar la pared vertical, a Cueva Chefa y en su zona central a la cueva de Dos Hermanos (Fig. 10D), que a su vez tiene comunicación con la galería del XX Aniversario.

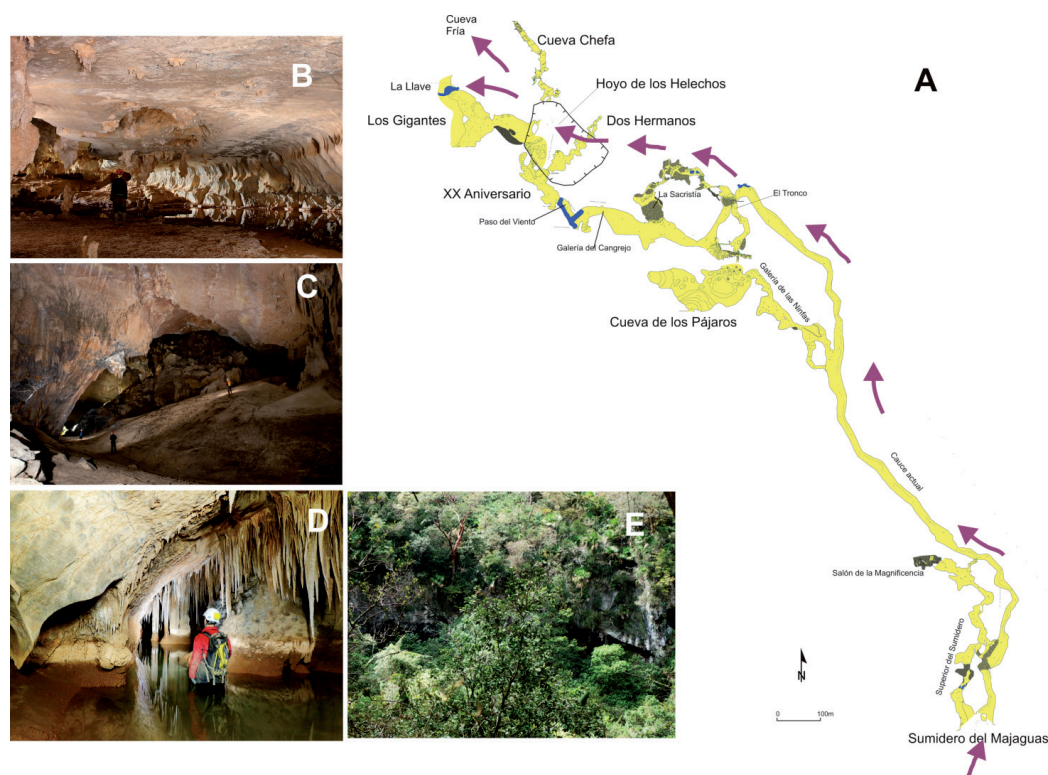


Figura 10. A: Topografía del Subsistema XX Aniversario realizada entre los años 2015 y 2016. B: Galerías Superiores del Sumidero. C: Galería del XX Aniversario y derrumbe de la Sacristía. D: Cueva de Dos Hermanos. E: Boca de entrada al XX Aniversario por el Hoyo de los Helechos. Las flechas indican direcciones de flujo deducidas de scallops

La Cueva de los Pájaros aparece en la zona más elevada del sistema, está formada por una enorme sala, considerada como la mayor del país. Tiene acceso al exterior de la sierra, ya en su ladera S, y comunica con el sistema a través de la Galería de las Ninfas y de la Galería del Tronco.

En el año 2015 se topografiaron en este sector un total de 6290 m y 1890 m adicionales en 2016.

## **Conclusiones**

El Sistema Cavernario de Majaguas-Cantera conforma una de las redes de conductos kársticos de tipo epigénico más extensas de Cuba. Su génesis aparece íntimamente ligada a varios cauces que penetran a través de sumideros en el borde S de la Sierra de San Carlos, formando extensas cuevas que atraviesan por completo el macizo kárstico.

Las cavidades se desarrollan en, al menos, 6 niveles de cavernamiento penetrables que se han relacionado genéticamente con las variaciones climáticas del Cuaternario y con los movimientos tectónicos del terreno. La karstificación superficial del macizo es muy intensa, caracterizada fundamentalmente por una gran densidad de dolinas asociadas a una tupida malla de fracturas.

En 2010 se replanteó la investigación desarrollada en la cavidad. Se realizó una reunificación de los trabajos previos, iniciados en los años 60 del pasado siglo, y se planificó un nuevo levantamiento topográfico que permitiera trabajar con datos espaciales en las tres dimensiones.

El sistema puede dividirse en dos grandes subsistemas que, aunque genéticamente relacionados, conforman en la práctica dos redes de galerías independientes que confluyen en la Cueva de los Gigantes, en la Ensenada de Bordayo. Hasta el año 2016 se han retopografiado del orden de 15 km de galerías, que conforman aproximadamente el 50% de los conductos que constituyen el sistema.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Txema su generosa ayuda en todas las expediciones. A Mariano y a Silma por su colaboración en la campaña de 2016 y, especialmente, a Libán, a Deini y a Pastilla por acogernos durante las exploraciones.

## **Referencias**

- Acevedo, M. 1967. Le réseau souterrain de Las Majaguas, Pinar del Río, Cuba. Notes préliminaires. *Stalactite*, 2, 34-47.
- Acevedo, M. 1971. Geomorfología de Sumidero y sus inmediaciones, Sierra de los Órganos, Pinar del Río, Cuba. *Tecnológica*, IX, (3-4), 33-54.

- Acevedo, M. y Valdés, J. 1974. Introducción de métodos geomorfológicos e hidrogeológicos cuantitativos en la evaluación de sistemas cavernarios: aplicación al sistema Majaguas-Cantera. Pinar del Río. Cuba. *Revista tecnológica*, 1 Vol XII, 29-39.
- Acevedo, M. 1979. Geomorfología e hidrogeología cársticas del sistema cavernario Majaguas-Cantera, Sierra de los Órganos. Cuba. *Revista científico-metodológica del Instituto Superior Pedagógico*, 3, 136-145.
- Budaj M. y Mudrák, S. 2008 –Therion– digital cave maps. In: *Spelunca. Spelunca Mémoires* (French Federation of Speleology), 33, 138-141.
- Flores Valdés, E. 1995. Niveles de cavernamiento y fluctuaciones glacioeustáticas Cuaternarias de Cuba Occidental. *Congreso LV Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba*, 90 - 91.
- Gutiérrez-Domech, R. y Barrientos-Duarte, A. 2001. Las unidades litoestratigráficas carsificadas de Cuba occidental. *IV congreso de geología y minería. Geología del Cuaternario, geomorfología y carso*. La Habana.
- Gutiérrez-Domech, R. 2013. [Observations about the geology of western Cuba, most significant aquifers, and the geomorphology of its catching landforms](#). H. Farfán González et al. (eds.), [Management of Water Resources in Protected Areas, Environmental Earth Sciences](#), 339-346.
- Iturralde-Vinent, M.A. 1998. [Sinopsis de la Constitución Geológica de Cuba](#). *Acta Geológica Hispánica*, 33, 9-56.
- Iturralde-Vinent, M.A. y Gutiérrez-Domech, M.R. 1999. Some examples of karst development in Cuba. *Boletín informativo de la Comisión de Geoespeleología*, 14, 1-4.
- Núñez-Jiménez, A. y Gutiérrez-Domech, M.R. 1994. Visión general de la espeleología y la carsología en Cuba. *Programas y Resúmenes Segundo Congreso Cubano de Geología y Minería*, Santiago de Cuba, p. 76.
- Pajón, J.M., Hernández, I., Ortega, F., Macle, J. 2001. Periods of Wet Climate in Cuba: Evaluation of Expression in Karst of Sierra de San Carlos. *Interhemispheric Climate Linkages (Present and Past Interhemispheric Climate Linkages in the Americas and their Societal Effects)*. Chapter Long-Term Climate Variability. Academic Press, 217-226.
- Pedroso Herrera, I.I., Pajón Morejón, J.M., Fundora Granda, M.J. y Sagnotti L. 2001. Magnetismo ambiental de sedimentos cuaternarios en el sistema cavernario Majaguas-Cantera. Pinar del Río. *IV Congreso de Geología y Minería Geología del Cuaternario, Geomorfología y Carso*, 63-73.