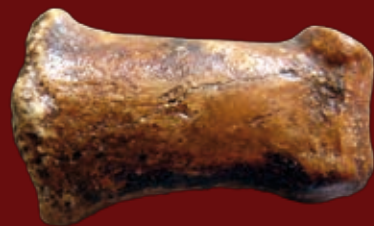


Mastia

Revista del Museo Arqueológico Municipal de Cartagena

Geología y Paleontología de Cueva Victoria

L. Gibert y C. Ferràndez-Cañadell
(Editores Científicos)



Números 11-12-13



2012-2014 Segunda Época

Mastia

Revista del Museo Arqueológico
Municipal de Cartagena
«Enrique Escudero de Castro»

Segunda Época
Números 11-12-13 / Años 2012-2014



AYUNTAMIENTO
DE CARTAGENA

Cartagena, 2015

Mastia

CONSEJO DE REDACCIÓN

Director, Miguel Martín Camino

Secretario, Dr. Miguel Martínez Andreu

Museo Arqueológico Municipal de Cartagena

«Enrique Escudero de Castro»

CONSEJO ASESOR

Prof. Dr. Lorenzo Abad (Universidad de Alicante)

Prof. Dr. Juan Manuel Abascal (Universidad de Alicante)

Prof. Dr. José Miguel Noguera Celdrán (Universidad de Murcia)

Prof. Dr. Sebastián F. Ramallo Asensio (Universidad de Murcia)

Prof. Dr. Jaime Vizcaíno Sánchez (Universidad de Murcia)

Carlos García Cano, Manuel Lechuga Galindo (Dirección General de Bienes Culturales, CARM)

Dr. Cayetano Tornel Cobacho (Archivo Municipal de Cartagena)

CORRESPONDENCIA E INTERCAMBIO

Museo Arqueológico Municipal de Cartagena «Enrique Escudero de Castro»

C/ Ramón y Cajal, nº 45 · 30205 Cartagena

Tel.: 968 128 967/128 968 · e-mail: museoarqueologico@ayto-cartagena.es

ISSN: 1579-3303

Depósito Legal: MU-798-2002

© De esta edición:

Museo Arqueológico Municipal de Cartagena
«Enrique Escudero de Castro»

© De los textos:

Sus autores

© De las ilustraciones:

Sus autores

© Imagen de la cubierta:

Excavación en Cueva Victoria.

Gestión editorial:

Gráficas Álamo, S.L.

graficasalamo@gmail.com

www.graficasalamo.com

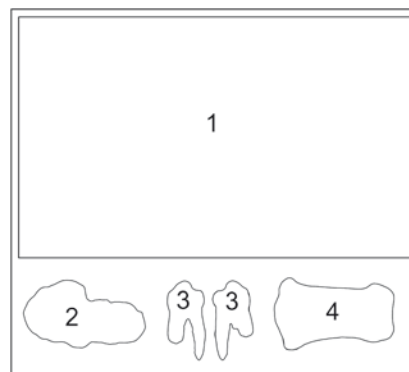
Portada (Explicación)

1: Excavación en Cueva Victoria (Andamio Superior A), 20 de julio de 2010.

2: Tercer molar inferior izquierdo de *Theropithecus* (CV-MC-400), vista oclusal.

3: Cuarto premolar inferior izquierdo de *Theropithecus* (CV-T2), vistas bucal y lingual.

4: Falange intermedia del quinto dedo de la mano derecha de *Homo sp.* (CV-0), vista dorsal.
(Fotos: Carles Ferràndez-Cañadell).



Índice

Prólogo	9
Prologue	
EMILIANO AGUIRRE	
Presentación	11
Foreword	
L. GIBERT y C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL	
Introducción. Cueva Victoria, un yacimiento de vertebrados del Pleistoceno Inferior	17
Introduction. Cueva Victoria, an early Pleistocene vertebrate site	
C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL y L. GIBERT	
Historia de la minería de Cueva Victoria	47
Mining history of Cueva Victoria	
M. A. PÉREZ DE PERCEVAL, J. I., MANTECA MARTÍNEZ y M.A. LÓPEZ-MORELL	
Las mineralizaciones ferro-manganesíferas de la mina-cueva Victoria y su contexto geológico	59
Fe-Mn mineralizations of the mine-cave Victoria and their geological context	
J. I. MANTECA y R. PIÑA	
Microscopía electrónica de las mineralizaciones cársticas de óxidos de hierro y manganeso de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia)	75
Electron microscopy of the karstic mineralizations of Fe and Mn oxydes of Cueva Victoria (Cartagena, Murcia)	
D. ARTIAGA, L. GIBERT y J. GARCÍA-VEIGAS	
Edad del yacimiento de Cueva Victoria y su relación con otros yacimientos de la Península Ibérica	85
Age of Cueva Victoria site and its relationship with other sites in the Iberian peninsula	
L. GIBERT L. y G. SCOTT	
²³⁰Th/U-dating of the Cueva Victoria flowstone sequence: Preliminary results and palaeoclimatic implications	101
Datación mediante ²³⁰ Th/U de la secuencia de espeleotemas de Cueva Victoria: Resultados preliminares e implicaciones paleoclimáticas	
A. BUDSKY, D. SCHOLZ, L. GIBERT y R. MERTZ-KRAUS	

Reconstrucción y génesis del karst de Cueva Victoria	111
Reconstruction and genesis of the Cueva Victoria karst	
<i>A. ROS y J. L. LLAMUSÍ</i>	
Modelización tridimensional mediante escáner 3D y tomografía eléctrica de alta resolución, en Cueva Victoria I	127
Three-dimensional modelization by means of 3D Scanner and High-Resolution Electric Tomography in Cueva Victoria I	
<i>A. ESPÍN DE GEA, A. GIL ABELLÁN y M. REYES URQUIZA</i>	
Contexto sedimentario y tafonomía de Cueva Victoria	139
Sedimentary context and taphonomy of Cueva Victoria	
<i>C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL</i>	
Génesis de una acumulación osífera excepcional en Cueva Victoria (Cartagena, Murcia, España)	163
Genesis on an exceptional bone accumulation at Cueva Victoria (Cartagena, Murcia, Spain)	
<i>J. VILÀ-VINYET, Í. SORIGUERA-GELLIDA y C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL</i>	
Anfibios y escamosos de Cueva Victoria	175
Amphibians and squamate reptiles from Cueva Victoria	
<i>H. A. BLAIN</i>	
Las tortugas del yacimiento del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Murcia, España)	199
Turtles from the early Pleistocene site of Cueva Victoria (Murcia, Spain)	
<i>A. PÉREZ-GARCÍA, I. BONETA, X. MURELAGA, C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL y L. GIBERT</i>	
A brief review of the Spanish archaic Pleistocene arhizodont voles	207
Breve revisión de los topillos arhizodontos arcaicos de España	
<i>R. A. MARTIN</i>	
Estado de conocimiento de los Insectívoros (Soricidae, Erinaceidae) de Cueva Victoria	227
The Insectivores (Soricidae, Erinaceidae) from Cueva Victoria: state of the art	
<i>M. FURIÓ</i>	
The Lower Pleistocene Bats from Cueva Victoria	239
Los murciélagos del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria	
<i>P. SEVILLA</i>	
Aves del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (costa sudoriental mediterránea de la península Ibérica)	253
Aves from the early Pleistocene of Cueva Victoria (southeastern mediterranean coast of the Iberian peninsula)	
<i>A. SÁNCHEZ MARCO</i>	

The latest Early Pleistocene giant deer <i>Megaloceros novocarthaginiensis</i> n. sp. and the fallow deer <i>Dama</i> cf. <i>vallonnetensis</i> from Cueva Victoria (Murcia, Spain)	269
El ciervo gigante <i>Megaloceros novocarthaginiensis</i> n. sp. y el gamo <i>Dama</i> cf. <i>vallonnetensis</i> del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Murcia, Spain)	
<i>J. VAN DER MADE</i>	
Estudio de los caballos del yacimiento de Cueva Victoria, Pleistoceno Inferior (Murcia)	325
Study of the horses from Cueva Victoria, early Pleistocene (Murcia)	
<i>M. T. ALBERDI y P. PIÑERO</i>	
The rhinoceros <i>Stephanorhinus</i> aff. <i>etruscus</i> from the latest Early Pleistocene of Cueva Victoria (Murcia, Spain)	359
El rinoceronte <i>Stephanorhinus</i> aff. <i>etruscus</i> del final del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Murcia, España)	
<i>J. VAN DER MADE</i>	
Elephant remains from Cueva Victoria	385
Fósiles de elefante de Cueva Victoria	
<i>M. R. PALOMBO y M. T. ALBERDI.</i>	
Canid remains from Cueva Victoria. Specific attribution and biochronological implications	393
Fósiles de cánidos de Cueva Victoria. Asignación específica e implicaciones biocronológicas	
<i>M. BOUDADI-MALIGNE</i>	
Úrsidos, hiénidos y félidos del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia)	401
Early Pleistocene ursids, hyaenids and felids from Cueva Victoria (Cartagena, Murcia)	
<i>J. MADURELL-MALAPEIRA, J. MORALES, V. VINUESA y A. BOSCAINI</i>	
Los primates de Cueva Victoria	433
Primates from Cueva Victoria	
<i>F. RIBOT, C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL y L. GIBERT</i>	
Grupos pendientes de estudio o revisión	453
Groups needing study or revision	
<i>C. FERRÁNDEZ-CAÑADELL</i>	
Preparación de restos fósiles de Cueva Victoria, Cartagena	463
Preparation of fossil remains from Cueva Victoria, Cartagena	
<i>A. GALLARDO</i>	

Prólogo

Prologue

Emiliano Aguirre

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Por las montañas quebradas, que llegan a la costa mediterránea entre Alicante y Cartagena, se puede ver una historia kárstica compleja, además de los restos de antiguas minas de galena argentífera en torno a La Unión. También se observan en esta región algunas series sedimentarias, incluso en complicadas cavidades abiertas al exterior como es el caso de Cueva Victoria.

Cueva Victoria fue estudiada por José Gibert Clols, desde primeros de 1980 hasta su prematura muerte en el 2007. José Gibert fue un eminente científico y una gran y ejemplar persona. Insigne en una ciencia particularmente difícil, como es la Paleoantropología, ciencia que estudia las particularidades del ser humano y su evolución a través de hallazgos en residuos sedimentarios de remotos tiempos prehistóricos,

Cueva Victoria es una cavidad en la que se conservan parte de los sedimentos que la rellenaron y de los que se infieren sucesivos cambios climáticos y ambientales. Algunos de estos sedimentos contienen fósiles que ilustran más estas condiciones, además de la evolución de grupos biológicos. En Cueva Victoria se han podido estudiar muchos fósiles de vertebrados grandes y pequeños, algunos de ellos muy singulares como un primate del género de los "gelada", *Theropithecus*.

Tales restos fósiles se encuentran en puntos muy diversos de Cueva Victoria, pero en un mismo repetido material sedimentario: una brecha fosilífera que presenta fósiles de vertebrados entre pequeños cantos o detritus rocosos, todo ello en ocasiones muy cementado y duro. Esta brecha se encuentra pegada en partes de la actual pared y techos de la cueva, también en forma de bloques caídos por la actividad minera que se desarrolló en la cueva durante parte del siglo XX.

Lo más atractivo de este yacimiento fue una falange 2ª de la mano derecha (CV-0). Fue preciso examinar su distinción de la de otros primates, sobre todo del gelada *Theropithecus*, bien representado en Cueva Victoria y que tiene una talla parecida aunque algo más pequeña que la de los humanos. Fue José Gibert quien estudió en detalle no sólo esa falange sino otras de humanos y primates no humanos, asignándola a los primeros, con fundamento, conclusión que fue reafirmada con nuevas técnicas por otros especialistas, como los doctores Pérez Claros y Palmqvist, de la Universidad de Málaga. Su antigüedad fue una de las cosas más discutidas habiéndose demostrado recientemente una edad próxima al millón de años.

Esta monografía está dedicada a la memoria del Dr. José Gibert Clols quien dirigió las investigaciones en este yacimiento durante veintitrés años. El volumen nos ofrece veinticinco capítulos sobre Cueva Victoria que nos permitirán conocer y aprender mucho más sobre la Paleontología y Geología de este yacimiento emblemático. Vale la pena leer los trabajos que siguen, aunque no es pena saber más sino tiempo bien empleado, y mucho mejor cuando podáis ir por Cartagena y que os guíen en una visita a Cueva Victoria.

Presentación

Foreword

Luís Gibert Beotas y Carles Ferràndez Cañadell

Cueva Victoria es un yacimiento kárstico con vertebrados fósiles del Pleistoceno Inferior. Fue excavado inicialmente no como un yacimiento fosilífero, sino como mina de manganeso, incluyendo métodos tan expeditivos como el uso de explosivos. Los mineros explotaron las mineralizaciones de hierro y manganeso, pero Cueva Victoria también es conocida por especialistas y coleccionistas, por la presencia de otros minerales como baritina, rodocrosita, romanechita, goethita, hollandita, calcofanita, coronadita, etc. A pesar de que la acción minera excavó alrededor del 80 % de los sedimentos fosilíferos, dejando sólo testimonios de la brecha en techo y paredes, Cueva Victoria ha suministrado miles de restos fósiles que han revelado una diversidad extraordinaria. Con las contribuciones de este volumen monográfico, la lista de especies de vertebrados identificadas en Cueva Victoria se acerca al centenar, algo extraordinario en un yacimiento. Cueva Victoria es el único yacimiento en Europa con restos fósiles del cercopitécido africano *Theropithecus oswaldi*, pariente cercano del babuino actual gelada. La presencia de esta especie africana en el sureste de la península ibérica aporta datos para entender los modelos de dispersión de mamíferos en el Pleistoceno. Por último, los restos fósiles de Cueva Victoria incluyen una falange humana, lo que la convierten en uno de los pocos yacimientos europeos con restos humanos del Pleistoceno Inferior.

Cueva Victoria fue dada a conocer a la comunidad científica en 1970 por Arturo Valenzuela, quien la presentó en el I Congreso Nacional de Espeología como un karst fósil, destacando sus minerales, pero describiendo también los restos de vertebrados fósiles. A finales de los 70 y principios de los 80, Joan Pons investigó su fauna fósil, en colaboración con miembros del Institut de Paleontologia de Sabadell, publicando una serie de trabajos sobre carnívoros fósiles. En estos años se presenta públicamente el primer resto humano, una falange, junto con una serie de supuestas industrias líticas sobre hueso que despiertan un interés añadido al yacimiento. En 1984 se inician campañas de excavación con cierta regularidad, dirigidas por el Dr. José Gibert, que año a año van incrementando la colección de vertebrados fósiles. En los años 1985 a 1999 se publican varios estudios sobre la fauna de Cueva Victoria, interpretaciones de su edad, estudios anatómicos de la falange humana y el descubrimiento de *Theropithecus*. También se publican nuevos modelos sobre la dispersión de mamíferos en el Pleistoceno inferior que destacan la importancia del estrecho de Gibraltar como ruta alternativa a la dispersión de África a Europa, sustentados por la fauna fósil de Cueva Victoria y también de los yacimientos de Orce, situados a unos escasos 150 km. A partir de 2008, gracias a la financiación de la Consejería de Cultura, el Consorcio Sierra Minera y el Ayuntamiento de Cartagena, las excavaciones dan un salto cualitativo, ya que se instala un andamio con el que se puede acceder a la parte superior de la brecha de relleno, la más rica en fósiles, pero situada a varios metros del suelo. El andamio permite por primera vez un trabajo completo y detallado, iniciándose una excavación sistemática y metodológica, cartografiando los fósiles para obtener también información tafonómica. A partir de ese momento se añaden piezas importantes a la colección situadas en un contexto estratigráfico y tafonómico, entre ellas nuevos restos de *Theropithecus*, que se publican en el *Journal of Human Evolution*. Gracias al andamio se puede también muestrear la pared a diferentes niveles estratigráficos para llevar a cabo un estudio paleomagnético, así como realizar dataciones radiométricas en el espeleotema superior. Los resultados permiten refinar la edad de la

asociación fósil, situándola entre 850.000 y 900.000 años, coincidiendo con la primera gran caída del nivel del mar que tiene lugar en el Cuaternario, hecho que refuerza las hipótesis de una dispersión de fauna de África a Europa a través de Gibraltar. A partir de 2009 se invita a paleontólogos especialistas en diversos grupos de vertebrados fósiles, así como a geólogos de distintas disciplinas, a visitar la cueva y a participar en el estudio del yacimiento y su fauna. De esta colaboración surge una serie de estudios que amplían notablemente el conocimiento de la asociación de vertebrados fósiles de Cueva Victoria, así como de la formación y la edad del yacimiento. Este volumen reúne los trabajos fruto de esta colaboración y pretende ser una actualización del conocimiento sobre Cueva Victoria en los diversos ámbitos de la geología y la paleontología.

Esta monografía está dividida en dos partes, en una primera parte se tratan temas de la geología de Cueva Victoria: la historia de las labores mineras (M. A. Pérez de Perceval, J. I. Manteca y M. A. López-Morell), las mineralizaciones de hierro y manganeso (J. I. Manteca y R. Piña; D. Artiaga, L. Gibert y J. García-Veigas); la datación de los espeleotemas y su interpretación paleoclimática (A. Budsky, D. Scholz, L. Gibert y R. Mertz); la espeología (A. Ros y J. L. Llamusí); la edad del yacimiento a partir de datos paleomagnéticos (L. Gibert y G. R. Scott), y los estudios geofísicos para modelizar tridimensionalmente la cueva y para descubrir nuevas cavidades (A. Espín de Gea, A. Gil Abellán y M. Reyes Urquiza).

A continuación, dos capítulos enlazan la geología con la paleontología, con estudios sobre la formación del yacimiento y de las acumulaciones de restos fósiles (C. Ferràndez-Cañadell, J. Vilà Vinyet e Í. Soriguera). Los siguientes capítulos están dedicados a los diferentes grupos fósiles. Se estudian los anfibios y reptiles (H.-A. Blain; A. Pérez-García, I. Boneta, X. Murelaga, C. Ferràndez-Cañadell y L. Gibert), los arvicólidos (R. A. Martín), los quirópteros (P. Sevilla), los insectívoros (M. Furió), las aves (A. Sánchez Marco), los cérvidos (J. Van der Made), los caballos (M. T. Alberdi y P. Piñero), los rinocerontes (J. Van der Made), los elefantes (M. R. Palombo y M. T. Alberdi), los cánidos (M. Boudadi-Maligne), los úrsidos, hiénidos y félidos (J. Madurell-Malapeira, J. Morales, V. Vinuesa y A. Boscaini), los primates (F. Ribot, C. Ferràndez-Cañadell y L. Gibert), y se acaba con un repaso a los grupos pendientes de estudio o revisión (C. Ferràndez-Cañadell) y un trabajo sobre la preparación y restauración de los restos fósiles (A. Gallardo).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, en primer lugar, a todos los autores su esfuerzo y dedicación para aportar capítulos de calidad a esta monografía y les pedimos disculpas por el retraso sufrido en la publicación. En segundo lugar, agradecemos a todas aquellas personas e instituciones que han colaborado de forma directa o indirecta para que esta monografía sea una realidad: a todo el personal del Museo Arqueológico de Cartagena y especialmente a María Comas Gabarrón, Directora del Museo Arqueológico Municipal Enrique Escudero de Castro durante los últimos años y ahora Directora General de Bienes Culturales; a Miguel Martínez Andreu, quien siempre nos mostró su apoyo, tanto en su etapa de Director del Museo Arqueológico como en la de investigador, y a Miquel Martín Camino, investigador del Museo de Arqueológico de Cartagena y miembro del consejo de redacción de MASTIA, que nos ha prestado su ayuda en la etapa de edición de este volumen. Nuestra sincera gratitud al Ayuntamiento de Cartagena, especialmente a Pilar Barreiro Álvarez, alcaldesa de Cartagena; a los concejales del Ayuntamiento de Cartagena que se han implicado en el proyecto de Cueva Victoria, María Rosario Montero Rodríguez, Nicolás Ángel Bernal y Carolina Beatriz Palazón. Expresamos nuestro agradecimiento a los técnicos y responsables de la Dirección General de Bienes Culturales, Miguel San Nicolás del Toro, Manuel Lechuga Galindo, Jefe de Servicio de Museos y Exposiciones y especialmente a Gregorio Romero Sánchez, paleontólogo y técnico del Servicio de Patrimonio, por animarnos desde el primer momento en esta iniciativa.

A los miembros del Centro de Estudios de la Naturaleza y el Mar de Cartagena (CENM), nuestra más sincera gratitud a Andrés Ros y José Luis Llamusí, que nos han apoyado y dado asesoramiento técnico sobre cuestiones de seguridad en la cavidad y han colaborado de forma muy activa en las diferentes jornadas de puertas abiertas celebradas en los últimos años. Nuestra especial agradecimiento a Ignacio Manteca Martínez de la Universidad Politécnica de Cartagena y compañeros de Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica por su interés y apoyo en todos los aspectos geológicos y patrimoniales de Cueva Victoria, así como a Mariano Mateo y los miembros de la Asociación de Vecinos del Llano del Beal, por su ayuda y apoyo al proyecto de investigación. También a todos los colegas y voluntarios que han participado de forma altruista en las excavaciones a lo largo de estos años, especialmente a Alfredo Iglesias, Julià González, Florentina Sánchez, Fernando González y a nuestras compañeras Emma La Salle y María Lería por su ayuda y paciencia durante tanto tiempo. A Pepa Beotas, Patxu Gibert y Blanca Gibert por ayudarnos y compartir tantas campañas en Cueva Victoria.

Finalmente, queremos dar las gracias a todas aquellas instituciones que han apoyado las investigaciones de Cueva Victoria en estos últimos 30 años: Consejería de Cultura de la Región de Murcia, Ayuntamiento de Cartagena, Universidad de Barcelona, Universidad Politécnica de Cartagena, EarthWatch Institute y Diputación de Barcelona.

Este trabajo es una contribución al Grup de Recerca Consolidat 2014 SGR 251 Geologia Sedimentària de la Generalitat de Catalunya y al Programa Ramón y Cajal del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

DEDICATORIA

"Success is not final, failure is not fatal: it is the courage to continue that counts"
(El éxito no es definitivo, el fracaso no es fatídico. Lo que cuenta es el valor para continuar)

Winston Churchill

Dedicamos este volumen al Dr. José Gibert Clois, director de las investigaciones en Cueva Victoria desde 1984 hasta su prematura muerte en 2007. José Gibert es para nosotros un ejemplo de pasión por el conocimiento, tenacidad, honestidad y profesionalidad. Realizó su última campaña en Cueva Victoria en verano de 2007, pero no la pudo terminar. Después de ser atendido en el Hospital de Cartagena ese verano fue finalmente ingresado en un hospital de Barcelona, delegando en nosotros la responsabilidad de continuar el trabajo y cerrar la campaña en la fecha prevista del 31 de septiembre, así lo hicimos. Morirá una semana después, el 7 de octubre de 2007, dejándonos un gran legado y una gran responsabilidad.

Cueva Victoria fue un lugar donde José Gibert trabajó con pocos recursos pero con mucha dedicación y libertad. Durante los 23 años que estuvo al frente de las investigaciones se sintió querido y apoyado por la sociedad civil, académica y administrativa del conjunto de la Región de Murcia. Los que tuvimos el privilegio de trabajar junto a él sabemos que fue una persona excepcional, con una gran vocación y calidad humana. A principios de los años ochenta, su trabajo y descubrimientos en el Sureste de la Península Ibérica, en Orce y Cueva Victoria, le permitieron establecer nuevas teorías que quebrantaban el viejo paradigma de la ocupación tardía de Europa por el Hombre. José Gibert propuso, de manera pionera, que la humanidad llegó a Europa cerca de un millón de años antes de lo establecido en aquel momento, proponiendo además que esa migración se hizo por Gibraltar en lugar de rodeando el Mediterráneo. Después de una euforia inicial generalizada, su trabajo fue duramente criticado de forma poco rigurosa. No obstante, la presencia de fauna africana en Cueva Victoria junto a homínidos avalan esa idea, y nuevos hallazgos en Orce y en otros yacimientos han supuesto que, 30 años después, nadie dude de que la ocupación de Europa fue muy temprana. Por otro lado, nuevos hallazgos y las mejoras en las técnicas de datación han determinado que las primeras evidencias de presencia humana en Europa con industria lítica de tipo olduvaiense y los primeros vestigios también en Europa de industria achelense se hallan en el sureste de la Península Ibérica (en Orce y en Cueva Negra del Río Quípar, Caravaca). Estos hechos, junto a la presencia de primate africano *Theropithecus* en Cueva Victoria, única en Europa, apoyan de manera más convincente la hipótesis de que durante el Pleistoceno inferior se dieron varias dispersiones desde África hacia Europa a través de Gibraltar.

Sin duda, José Gibert estaría hoy muy satisfecho no sólo por ver que sus ideas se van consolidando sino también por ver editado este volumen especial de MASTIA dedicado a Cueva Victoria, donde se integran y actualizan todos los resultados de las investigaciones realizadas en este lugar excepcional. Creemos que este volumen es parte de su legado pues sin su dedicación a Cueva Victoria, esta monografía no existiría.





José Gibert Cloles en 2005

DR. JOSÉ GIBERT CLOLES (1941-2007)

La trayectoria profesional y figura humana de José Gibert Cloles destacan desde muy pronto y en diferentes aspectos. Durante el bachillerato fue un estudiante brillante, obteniendo 23 matrículas de honor en el colegio de los Agustinos de Zaragoza. Su carrera universitaria en Ciencias Geológicas en la Universidad de Barcelona se vio truncada por la muerte de su padre a mitad de los estudios, teniéndose que responsabilizar de la familia y del negocio familiar. Aun así, consiguió Matrícula de Honor en Paleontología, disciplina que siempre le interesó especialmente. Una vez licenciado en 1968, inició su tesis doctoral, bajo la dirección del Dr. Miquel Crusafont, sobre los insectívoros fósiles de España. Consiguió una beca para realizar el doctorado de la Fundación Juan March, que le facilitó colaborar con centros extranjeros, especialmente franceses y holandeses. De esta colaboración aprendió nuevas técnicas, que se aplicaron por primera vez en España en la investigación de micromamíferos y publicó varios estudios en revistas internacionales. En 1971 fue profesor ayudante de Paleontología Humana en la Universidad de Barcelona. Una vez doctorado en 1973, compaginó su labor investigadora en el Instituto de Paleontología de Sabadell con la docencia de enseñanza media, en la que alcanzó el grado de Catedrático de Ciencias Naturales. En 1976 vio la necesidad de desarrollar la investigación en paleontología del Cuaternario Ibérico. Para ello organizó, desde el Instituto de Paleontología, una campaña de prospección en la cuenca de Guadix-Baza en Granada, donde consideró que existía un gran potencial fosilífero. Después de planificar esa prospección por los sectores que juzgó con mayores posibilidades para la localización de yacimientos fosilíferos, descubrió el yacimiento de Venta Micena, probablemente el yacimiento del Pleistoceno Inferior europeo

más rico y extenso que se conoce. Durante 1982 organizó una campaña de excavaciones e identificó un fragmento de cráneo que clasificó como humano. Este hallazgo rompió el paradigma establecido, al proponer la presencia humana en el Sur de Europa cerca de un millón de años antes de lo establecido. Como todos los hallazgos revolucionarios, este fósil generó una polémica que se inició al morir el Dr. Crusafont, la mayor autoridad en paleontología de vertebrados en España y avalador de la humanidad del fósil.

José Gibert afrontó el problema basándose en el poder resolutivo del método científico y enfocándolo desde una perspectiva pluridisciplinar, estableciendo colaboraciones con distintos especialistas, incluyendo científicos en el innovador campo de la bioquímica aplicada a la paleontología. Los resultados fueron concluyentes, al detectarse, en laboratorios de España y Estados Unidos, proteínas humanas en los fósiles cuestionados y encontrar, en cráneos humanos infantiles actuales, los caracteres anatómicos cuestionados en el cráneo fósil. De forma paralela, fueron identificados nuevos fósiles humanos, así como industrias líticas, que aportaron evidencias complementarias de la presencia de homínidos en el Pleistoceno inferior de Orce. El descubrimiento de la falange de Cueva Victoria en 1984 por Juan Pons supuso un apoyo importante a la teoría de una ocupación humana antigua de la Península y la asociación de ese fósil con primates africanos avaló la idea de una dispersión por Gibraltar. Entre 1986 y 1993, José Gibert publicó y divulgó los resultados de estas investigaciones por todo el mundo, dando a conocer Orce y Cueva Victoria a la comunidad científica internacional. Este ejercicio le permitió organizar un Congreso Internacional de Paleontología Humana en Orce en 1995, en el que participaron más de 300 especialistas de 18 países y que incluyó una visita a Cueva Victoria, generándose un debate fructífero sobre las vías de colonización y las edades de las primeras ocupaciones humanas en Europa. Orce y Cueva Victoria pasaron a ser lugares de referencia en el mundo de la paleontología humana. Habían pasado 13 años desde el descubrimiento y los datos y la comunidad científica le daba al fin la razón. A partir de ese momento álgido, su carrera en Orce entra la etapa más difícil, al ser excluido de la excavación e investigación de los yacimientos por él descubiertos. Sin embargo, lejos de abandonar Orce, José Gibert se interesó por otras localidades fosilíferas de la zona, como Barranco del Paso y Fuentenueva-1, estableciendo nuevas colaboraciones que le permitieron resolver la edad del conjunto de yacimientos de Orce. Al mismo tiempo, intensificó sus investigaciones en Cueva Victoria hasta el momento que fueron interrumpidas por su prematura muerte.

El Dr. José Gibert publicó 181 artículos (52 de ellos en revistas internacionales), 2 libros y ha sido editor o coeditor de 6 monografías. La hipótesis de que la presencia humana más antigua de Europa se sitúa en el Sur de la Península Ibérica hace 1,3 millones de años fue provocadora y revolucionaria en 1982, pero gracias a sus investigaciones y perseverancia ha sido suficientemente demostrada y está plenamente establecida y aceptada en la actualidad.

Durante su carrera, el Dr. José Gibert Clols recibió los siguientes premios y distinciones por su trabajo:

- 1983 Premio de la Generalitat de Catalunya a la innovación pedagógica en Ciencias Naturales.
- 1985 Premio al Vallesano del año, modalidad Ciencia.
- 1986 Concesión por el Excmo. Ayuntamiento de Orce del título "Hijo Adoptivo"
- 1998 Premio Narciso Monturiol a la Investigación Científica (Colectivo al Inst. Crusafont) de la Generalitat de Catalunya.
- 2000 Insignia de Oro del Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas de Cartagena.
- 2001 Cartagenero del siglo XX, Excmo. Ayuntamiento de Cartagena.
- 2005 Medalla Narciso Munturiol al Mérito Científico y Técnico concedida, a título personal, por la Generalitat de Catalunya.
- 2007 Insignia de Plata del Colegio de Ingenieros de Minas de Cartagena.
- 2007 Premio nacional El Vallenc (Ayuntamiento de Valls), modalidad Ciencia.
- 2010 Medalla de la Vila a título póstumo, Castellar del Vallés.
- 2013 El ayuntamiento de Mora d'Ebre le dedica la Semana Cultural.
- 2014 Medalla de Oro de la provincia de Granada, Diputación de Granada.

Modelización tridimensional mediante escáner 3D y tomografía eléctrica de alta resolución en Cueva Victoria I

Three-dimensional modelization by means of 3D Scanner and high-resolution electric tomography in Cueva Victoria I

A. Espín de Gea*
A. Gil*
M. Reyes*

Resumen

Conocer pormenorizadamente el subsuelo donde se encuentra Cueva Victoria es esencial para poner en valor esta cavidad para su uso turístico. Para tal fin, se ha utilizado tecnología avanzada para la captura de la topografía tridimensional de la cueva y para la caracterización de los materiales presentes entre la superficie y la cavidad, zona que puede ser foco de inestabilidades. El Escáner 3D es una herramienta capaz de adquirir millones de puntos y crear un modelo muy cercano a la realidad que permite extraer multitud de datos y simulaciones necesarios para la realización de un proyecto de estas características con la máxima fiabilidad y seguridad. El estudio mediante tomografía eléctrica del subsuelo nos ha permitido analizar el estado y características de los materiales, información que se espera sea de utilidad en la toma de decisiones sobre el trazado y viabilidad económica del proyecto.

Palabras clave

Tomografía eléctrica, Escáner 3D, Cueva Victoria, Modelización tridimensional.

Abstract

The detailed knowledge of the subsoil of Cueva Victoria is essential in order to consider the cave for touristic use, to show its mining operations and also the existing paleontological site. We used the latest techniques for capturing the topographic reality of the cave and for the characterization of materials present between the surface and the cave, which is a possible source of instabilities. The 3D Scanner is a tool able to acquire millions of points and create a close reality model that can give lots of topographic data and accurate simulations usefull in projects of this nature. The study by subsurface electrical tomography has allowed us to know the status and characteristics of the materials which will be useful to take decisions related to stability and security in future touristic projects.

Key words

Electric tomography, 3D Scanner, Cueva Victoria, Three-dimensional modelization.

* Departamento de Geología, Topografía y Geofísica del Centro Tecnológico del mármol, piedra y materiales. Ctra. de Murcia S/N. C.P: 30430-Cehegín (Murcia)-España. antonio.espin@ctmarmol.es

INTRODUCCIÓN

Desde 1984 Cueva Victoria está siendo estudiada de forma continuada por ser uno de los yacimientos de vertebrados fósiles más ricos de la región de Murcia (Ferrández-Cañadell y Gibert, 2015). Se trata de un yacimiento kárstico que durante el Pleistoceno Inferior funcionó como un cubil de hienas (Gibert y Martínez, 1992; Gibert et al., 1993). Su importancia reside en la abundante fauna excavada, la presencia de restos humanos y del primate *Theropithecus oswaldi*, un papión africano no identificado en ningún otro yacimiento europeo (Gibert et al., 1995; Ferrández et al., 2014). En 1983 se localizó una falange humana que indicaba que en el entorno de Cueva Victoria vivieron homínidos en un periodo muy antiguo (Gibert y Pérez-Pérez, 1989). La fauna asociada sugería una edad parecida a la de los yacimientos de Orce, siendo más antigua que la de los yacimientos de Atapuerca (Sima de los Huesos y Gran Dolina). La presencia de homínidos y de *Theropithecus* en Cueva Victoria indican una migración hacia Europa desde África a través del estrecho de Gibraltar durante el Pleistoceno inferior.

La actividad minera en la cueva se realiza a principios del siglo XX (Pérez de Perceval et al., 2015) y supone una alteración importante en la estructura natural de la cueva. Los grandes bloques transformados por los mineros, los túneles y galerías artificiales, los pozos de aireación y las pequeñas construcciones que aún quedan en las cavidades más profundas son restos de una actividad humana que constituye un patrimonio histórico reciente.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Cueva Victoria se sitúa en la ladera Este de San Ginés de la Jara. La pequeña cadena montañosa donde se localiza Cueva Victoria forma, con la Sierra de Cartagena, un valle que se encuentra actualmente cubierto por aluviones cuaternarios. El yacimiento se halla a unos dos kilómetros de las salinas del Mar Menor. El núcleo urbano más próximo es el pueblo de El Estrecho, situado en la ladera Oeste de San Ginés (fig. 1). El origen de Cueva Victoria como cavidad debe remontarse al Plioceno o quizás antes. La caliza Triásica que conforma el cerro de San Ginés se fue disolviendo, proceso probablemente intensificado por la acidez de las aguas que debían de circular en este distrito minero. El agua circuló

por pequeñas fracturas y diaclasas que con el tiempo se fueron ensanchando hasta formar galerías y salas. En un momento del Pleistoceno Inferior, la cavidad se abrió al exterior, lo que supuso la entrada de materiales alóctonos y con ello el inicio de su relleno. A partir de ese momento se empiezan a acumular materiales detríticos junto con fósiles de vertebrados, constituyendo la brecha fosilífera que rellena la cueva (Ferrández et al., 1989).

Se puede sintetizar el origen de cueva Victoria y su entorno siguiendo diferentes etapas:

1. Desarrollo de mineralizaciones filonianas durante el Mioceno asociadas a procesos hidrotermales (ver Manteca y Piña, 2015).
2. Emersión y karstificación.
3. Relleno de la cavidad por material detrítico del exterior y concentración de minerales secundarios junto a la *terra rosa* que rellena la cueva.
4. Laboreo minero en fracturas con mineralización primaria y en rellenos kársticos con mineralización secundaria, lo que origina un agrandamiento de la cavidad (Pérez de Perceval et al., 2015).

En el interior de la cueva, por tanto, las litologías que aparecen son calizas y dolomías triásicas, filones con mineralizaciones ricas en hierro y manganeso y una brecha arcillosa del Pleistoceno inferior rica en fósiles de vertebrados.

TOPOGRAFÍA DE ALTA RESOLUCIÓN MEDIANTE ESCÁNER 3D

El objetivo fundamental perseguido en la realización de estos trabajos ha sido obtener un modelo tridimensional de alta precisión del techo de la cavidad para poder evaluar con gran fiabilidad los riesgos presentes para un futuro uso turístico. La sala Victoria I, también conocida como Sala Unión, tiene una entrada en la cota 62,19 metros. Al descender por unas escaleras estrechas dentro del relleno cuaternario se llega a la formación carbonatada triásica donde se localiza la entrada al yacimiento en la cota 52,90 metros (fig. 2). Toda la cavidad discurre en bajada con respecto a la superficie hasta llegar a conectar con la sala Victoria II.

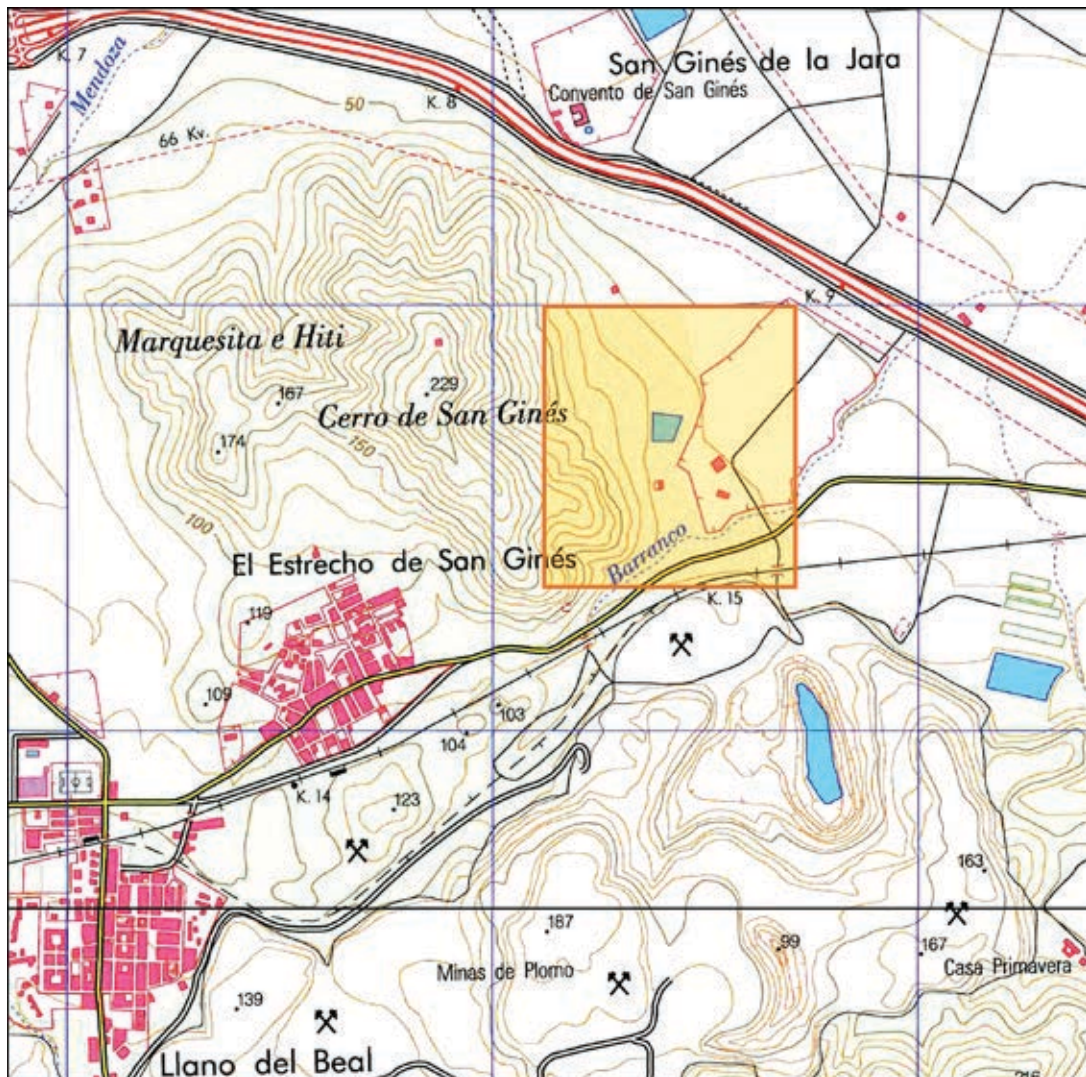


Fig. 1. Situación de la zona de estudio (Mapa Topográfico Nacional IGN Hoja 978).

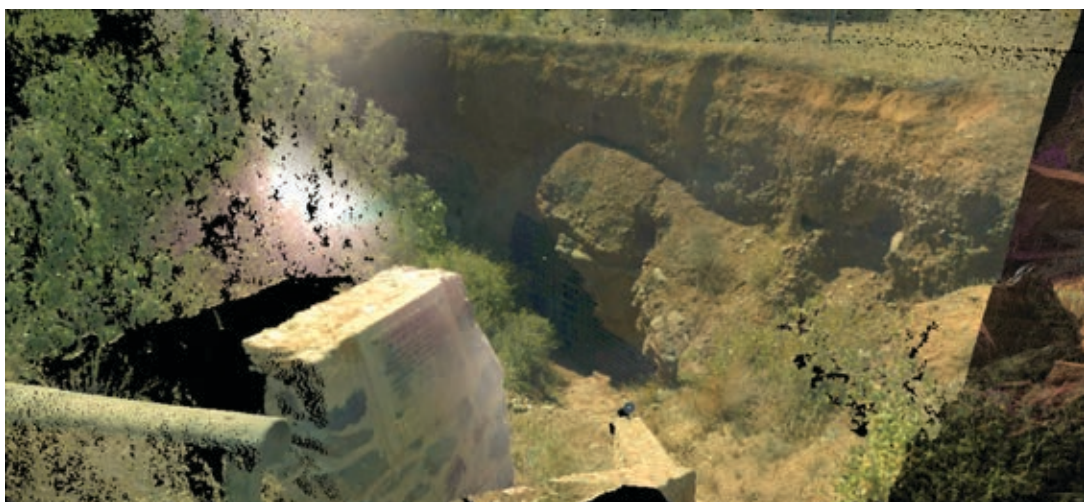


Fig. 2. Situación actual de la entrada a Cueva Victoria I tomada con Escáner 3D.

Tras un reconocimiento exhaustivo de la cavidad se realizó una poligonal que incluía las salas Victoria I y II, empezando con la instalación de dos bases exteriores en cada una de las entradas de la cueva y utilizando corrección diferencial en tiempo real (Estación de referencia Virtual "VRS"), con la red GNSS de la Región de Murcia en ED50. A partir de esas dos bases fijas se obtiene una poligonal cerrada creada con una estación total. La realización de esta poligonal es fundamental para el buen desarrollo de los trabajos a lo largo del proyecto porque es la que se ha utilizado como apoyo para corregir los puntos de referencia (dianas) que nos permiten corregir las posiciones de los escaneos realizados.

Se han realizado nueve escaneos con Escáner 3D, creando una malla de 2 cm a una distancia de 15 m y obteniendo 76 millones de puntos (figs. 3 y 4). Este mallado ha permitido realizar los distintos perfiles transversales y longitudinales del proyecto y un curvado con espaciado de curvas de nivel de 0,2 metros a todo lo largo de la sala Victoria I (figs. 5 y 6).

La malla de puntos nos permite identificar los distintos materiales que se encuentran en el techo y discriminar zonas dentro de los techos y hastiales de la cavidad y asignarles un grado de peligrosidad, que a su vez conlleva distintos tipos de sostenimiento (fig. 7). Para minimizar lo anterior ha sido posible realizar una traza

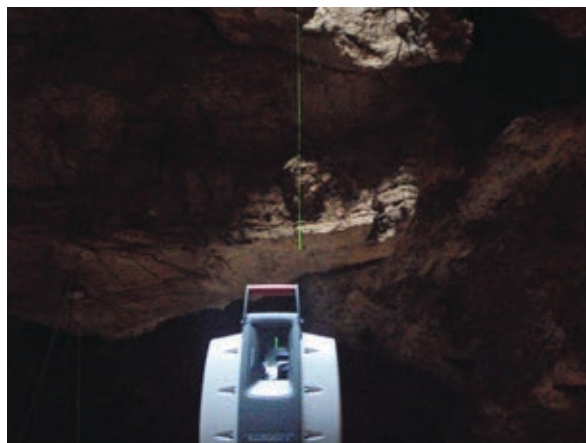


Fig. 3. Escáner 3D durante la realización de uno de los escaneos.

para un recorrido interior salvando las zonas con más peligrosidad en base al modelo tridimensional realizado.

CARACTERIZACIÓN E INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA DE ALTA RESOLUCIÓN DE LOS MATERIALES PRESENTES ENTRE LA SUPERFICIE Y LA SALA VICTORIA I.

El método de la tomografía consiste en introducir una corriente eléctrica continua en la superficie a través de dos electrodos de "corriente". Se mide el voltaje mediante otro par de electrodos denominados "electrodos de potencial". A partir del valor de la corriente inyectada

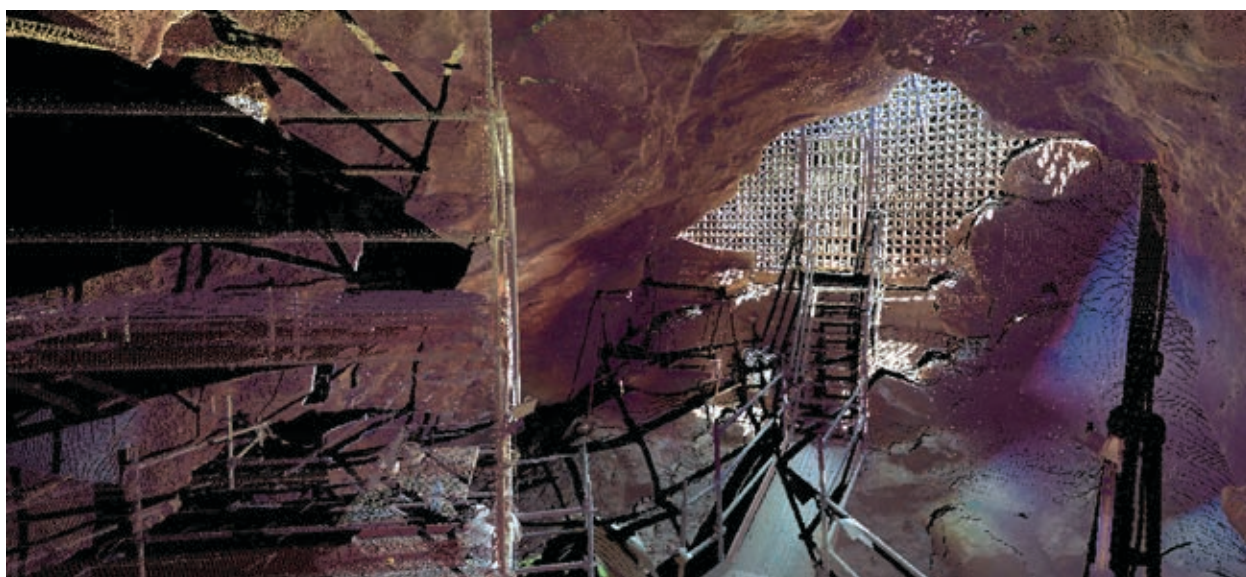


Fig. 4. Ejemplo de resultado del escaneo tridimensional de la entrada a Cueva Victoria I, con la presencia del andamio actualmente presente para las labores paleontológicas y la reja de la entrada conjuntamente con la geometría del techo.

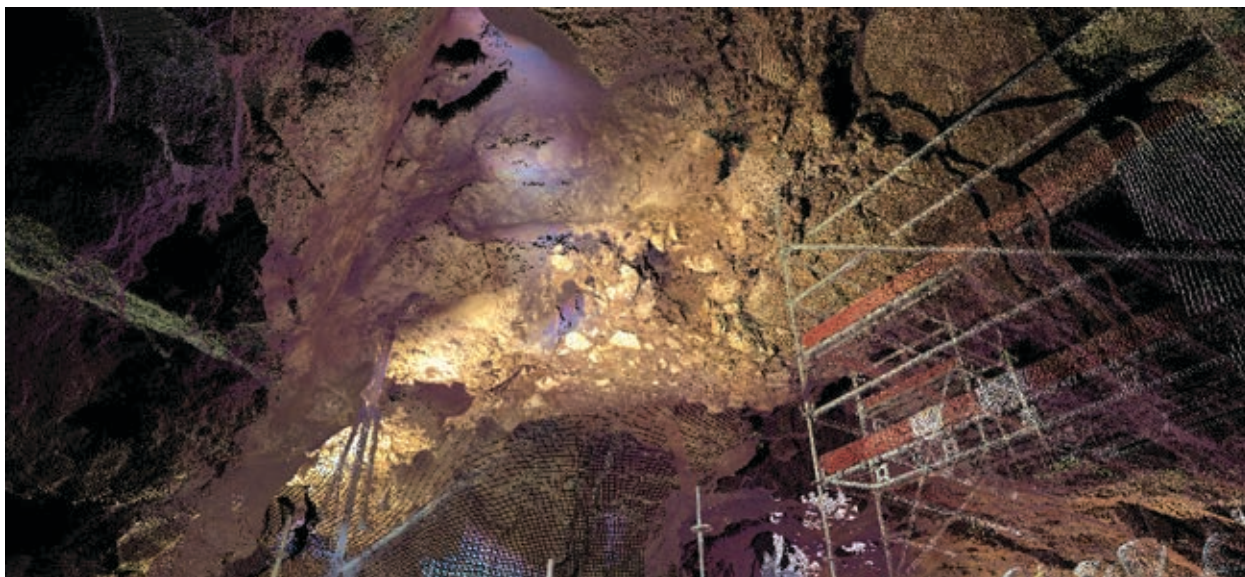


Fig. 5. Zona interesante del techo de la cavidad donde se puede apreciar la presencia del andamio actualmente presente para las labores paleontológicas y las brechas ricas en restos paleontológicos que recubren el techo de la cavidad y que suponen un foco de inestabilidad para el diseño de la ruta interior.

y del voltaje medido se obtiene la “resistividad aparente” del material en un punto determinado del subsuelo, denominado punto de atribución, que depende de la posición de los electrodos. Cada tipo de material presenta un rango de resistividad “real” más o menos característico. Así, las cavidades vacías (llenas de aire) presentan una resistividad aparente que tiende al infinito dando valores muy elevados, los terrenos saturados son altamente conductores y por tanto presentan baja resistividad, etcétera. A partir de los valores de resistividad se puede estimar la composición del suelo y se pueden detectar anomalías, como en nuestro caso, una cavidad. Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo, ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de investigación. Como regla general, un estudio mediante tomografía eléctrica requiere la obtención de un número muy elevado de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir la necesaria resolución lateral y también que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad. La experiencia del CTM en este campo demuestra que para una buena interpretación de los resultados es necesario disponer de una topografía precisa, por lo que desde el inicio nuestro departamento utiliza coordenadas precisas obtenidas por GPS centimétrico con corrección en tiempo real de cada uno de los electrodos ubicados en el terreno.

La tomografía eléctrica es una técnica geofísica que tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad eléctrica del subsuelo en un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua.

Los estudios de tomografía eléctrica (ERT), se utilizan para la detección de zonas estructuralmente débiles, relacionadas con zonas de baja resistencia eléctrica. Estas zonas suelen ser partes del macizo fracturadas en las que se introducen materiales finos, cuyo contenido en agua es mayor o donde la composición del material cambia completamente. Las tomografías eléctricas realizadas en este trabajo nos han proporcionado los cambios de resistividades presentes en el terreno entre los materiales de la formación carbonatada, la cueva y las brechas de relleno. El objetivo fundamental de esta investigación ha consistido en la obtención de la geometría del contacto entre la formación carbonatada y el recubrimiento de brechas rojas existentes, mientras que por otro lado también se pretende obtener la geometría del karst presente en la zona de estudio y la comunicación entre la cueva y el exterior que provoca su colmatación, junto a la ubicación de la galería de Cueva Victoria I mediante la utilización de Escáner 3D visto anteriormente.

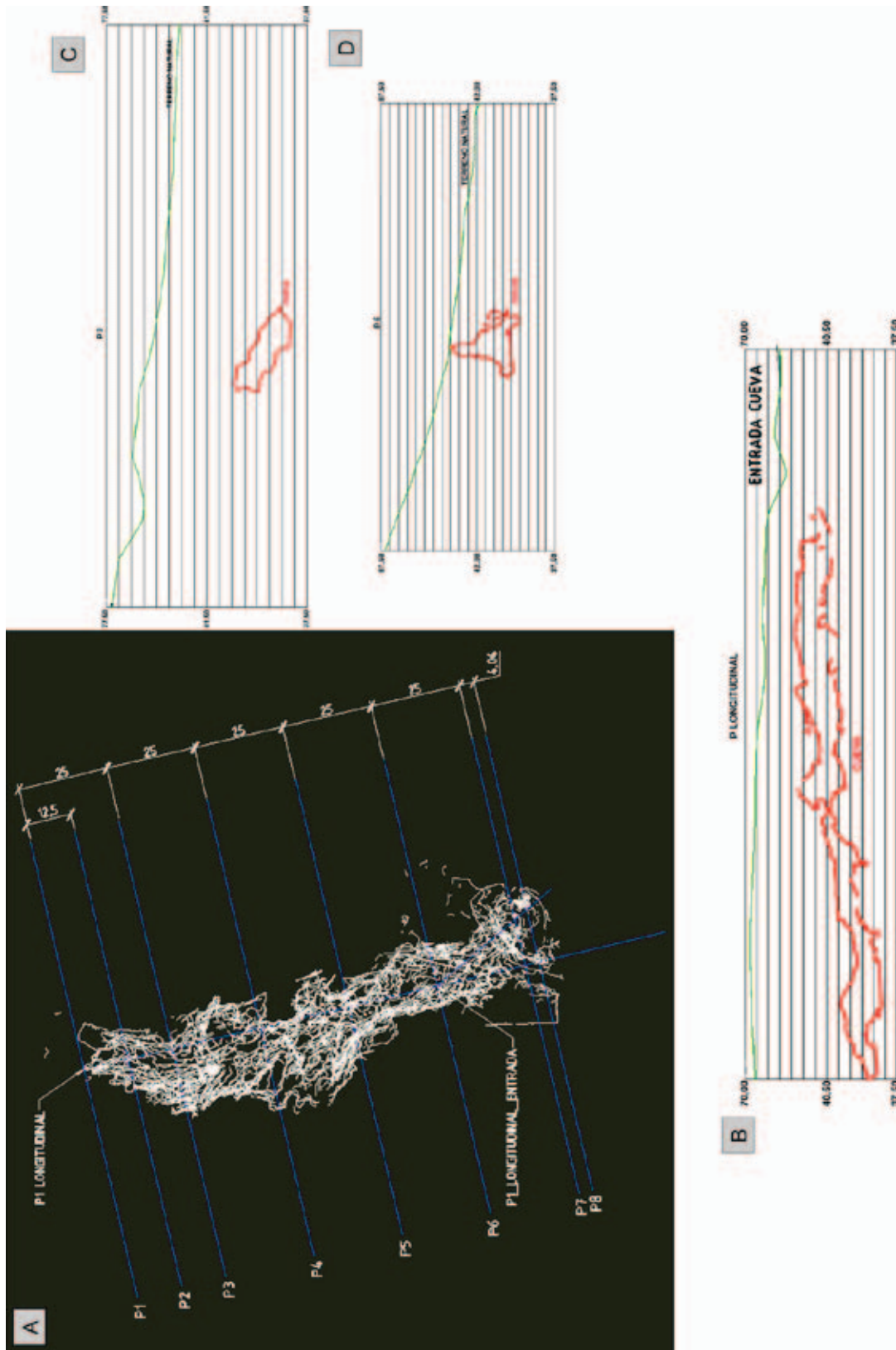


Fig. 6. Topografía 3D de la sala Victoria I (a) mostrando una sección longitudinal de la sala con 0,20 m de espaciado (B) y dos perfiles transversales que nos describen la geometría de la cueva con respecto a la superficie (C,D).

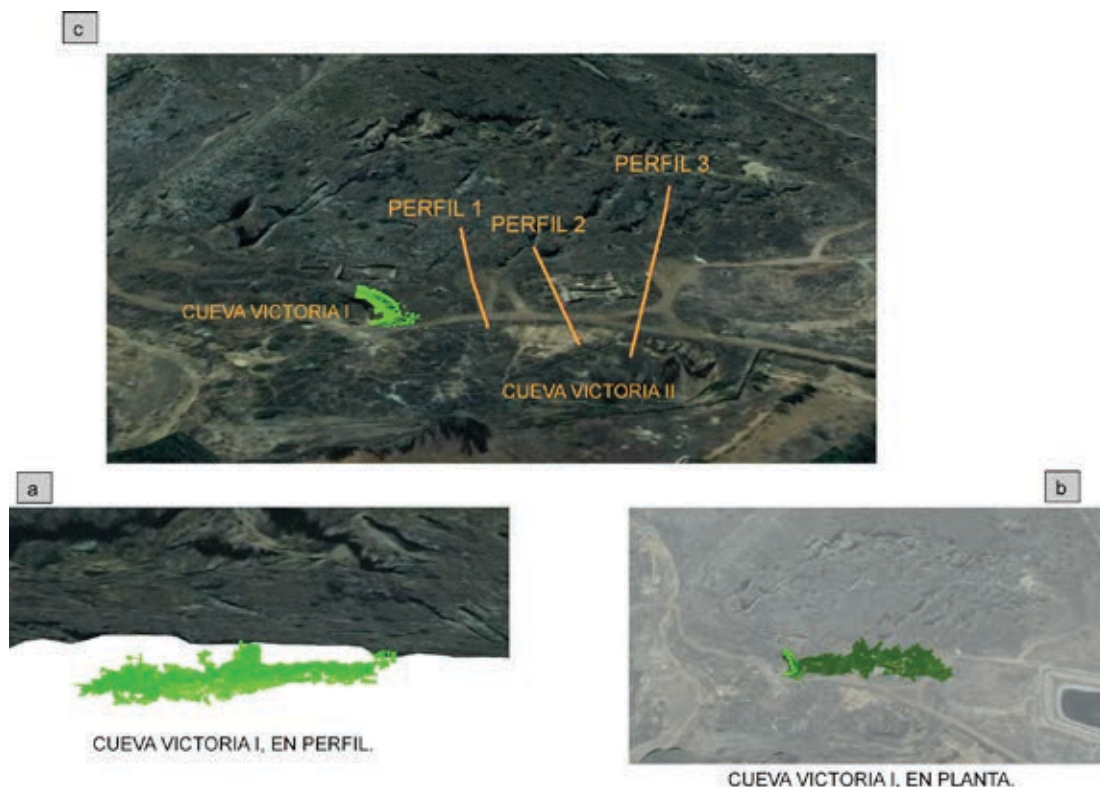


Fig. 7. Localización de Cueva Victoria mostrando el modelo tridimensional de la sala Cueva Victoria I en perfil (a) y planta (b) y el ortofotomapa de la zona (c).

En el pasado reciente se han realizado tomografías eléctricas en Cueva Victoria para conocer cavidades ocultas (Martínez et al., 2013). En este trabajo se aportan tres nuevos perfiles de tomografía eléctrica de alta resolución perpendiculares a la traza de la galería principal, para evaluar el contacto con los carbonatos de las brechas a mucha resolución y espaciados a lo largo de la traza según las posibilidades que la superficie permitía debido a la presencia de edificaciones, labores mineras y vegetación espesa.

Perfil 1

Se encuentra ubicado cerca de la entrada Sur, atravesando el aparcamiento de vehículos (fig. 6c). Tiene una longitud de 70 metros con 72 electrodos de medida por lo que se ha utilizado 1 metro de espaciado y una profundidad de investigación de 14 metros, que nos permite llegar perfectamente hasta el techo de la galería. El diseño de los perfiles de tomografía se ha realizado siempre buscando caracterizar perfectamente el terreno hasta el contacto de la galería. La traza del perfil se desarrolla desde el electrodo 1, ubicado en la

ladera del Cerro de San Ginés, dentro de la formación carbonatada y rodeado de labores mineras en superficie, discurriendo ladera abajo atravesando el contacto superficial entre éstos y las brechas rojas, llegando hasta el electrodo 72, ubicado cerca de la rambla y atravesando el camino existente. Los puntos de medida han sido 6.037 para obtener una gran resolución en el perfil y poder determinar pequeñas cavidades y cambios en el material. Se ha realizado el procesado de los datos hasta llegar a la iteración 5 con un error de 2,8, considerado muy bueno.

La realización de este perfil nos ha permitido identificar de manera clara el contacto entre las brechas y la formación carbonatada con un buen contraste de resistividades, ubicando este contacto a los 480 Ohm-m y en superficie a los 21 metros lineales de perfil y profundizándose hacia el final del perfil.

Los carbonatos tienen resistividades altas y también se encuentran karstificados, presentando otras cavidades tanto rellenas como abiertas y de tamaño variado que pueden ser interesantes por su posible contenido fósil.

Hacia los 37 metros del perfil, en el centro y con una profundidad aproximada de 5 metros, se encuentra una variación en la geometría del contacto de las brechas y los carbonatos importante, detectándose dos anomalías en su geometría. Estas anomalías pueden provenir de la karstificación de los carbonatos, habiendo sido rellenadas posteriormente por las brechas, o también puede ser el resultado de la presencia de filones o bolsadas de origen kárstico de manganeso, que representan zonas más conductoras, no explotados y que están recubiertos por las brechas del relleno cuaternario. En superficie no existe ningún vestigio de que esta zona haya sido afectada por labores mineras de superficie como ocurre un poco más arriba en la ladera.

Manejando estas dos posibilidades, las dos anomalías alcanzan una profundidad en este perfil cercana al techo de la cueva, por lo que podrían tener relación con el relleno de la cavidad. Esta hipótesis está apoyada por la proximidad de una zona de brechas ubicadas en el techo de la sala que se observan en la actualidad (fig. 7) y que pueden enmascarar la presencia de los filones. Por debajo de esta zona se encuentran resistividades muy altas, por encima de 5.675 Ohm-m que corresponden a la presencia de la sala Victoria I, ligeramente desplazada hacia el Oeste en la tomografía, como se observa al superponer los datos del Escáner 3D. El resto del perfil describe el contacto de carbonatos con aumento del relleno de brechas. En la base de las brechas y encima de los carbonatos existe una franja de brechas más cementadas que se observan en afloramiento y que se corresponden con el aumento de la resistividad en el perfil (fig. 8).

Perfil 2

Se encuentra ubicado cerca de unas edificaciones y cercano a las labores mineras (fig. 6c). Tiene una longitud de 70 metros con 72 electrodos de medida, por lo que se ha utilizado 1 metro de espaciado y una profundidad de investigación de 14 metros. Esta profundidad nos permite llegar perfectamente hasta el techo de la galería, pero en este caso las labores mineras de superficie han impedido situar el centro del perfil sobre la

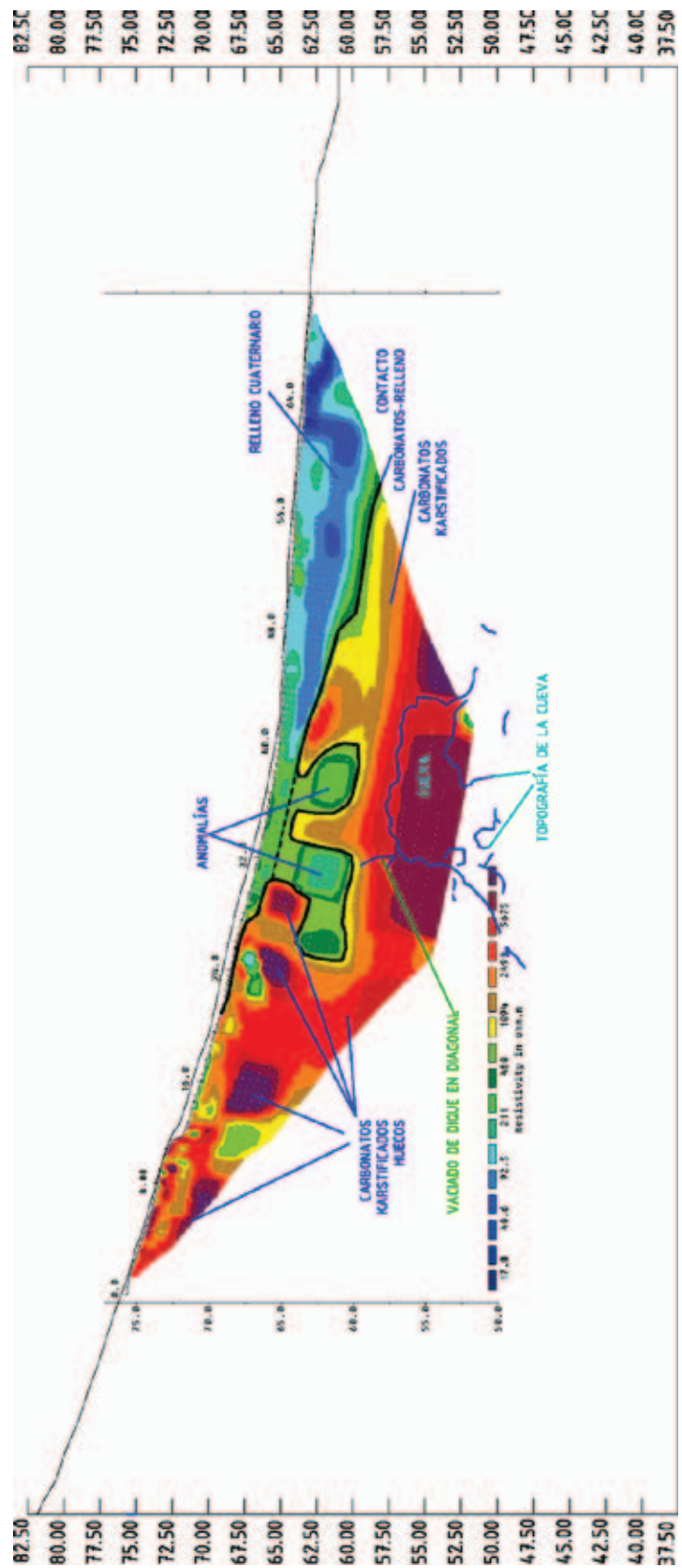


Fig. 8. Perfil 1 con indicación de los distintos materiales, su estado y la topografía de la cueva.

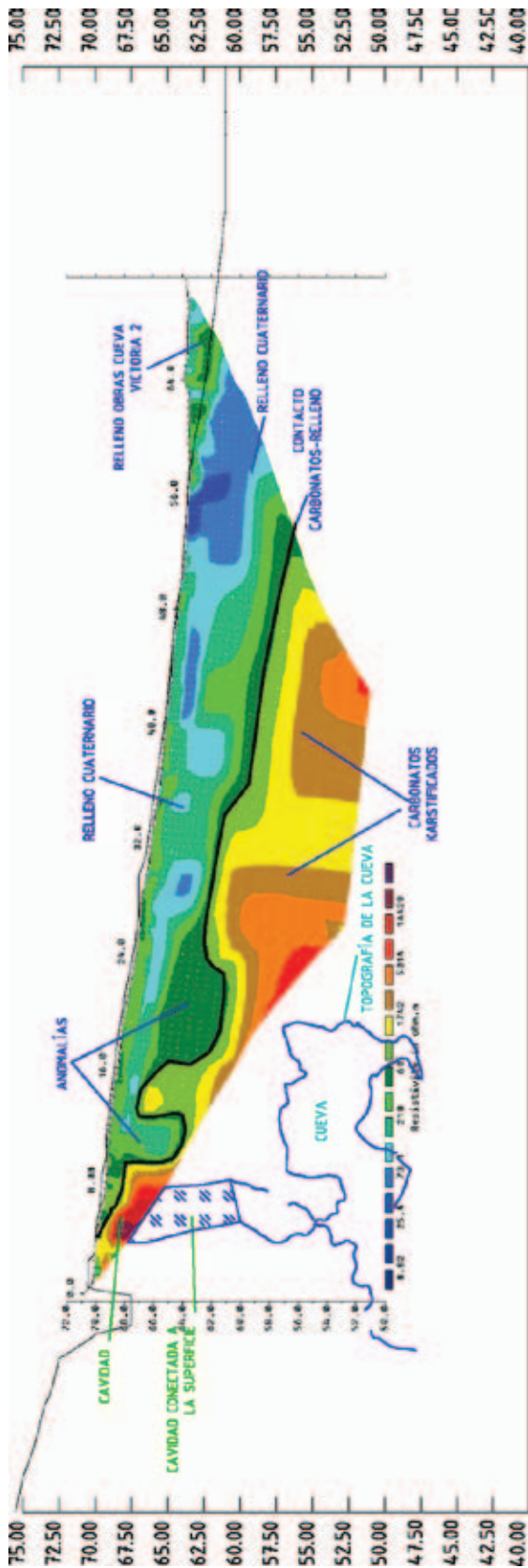


Fig. 9. Perfil 2 con indicación de los distintos materiales, su estado y la topografía de la cueva.

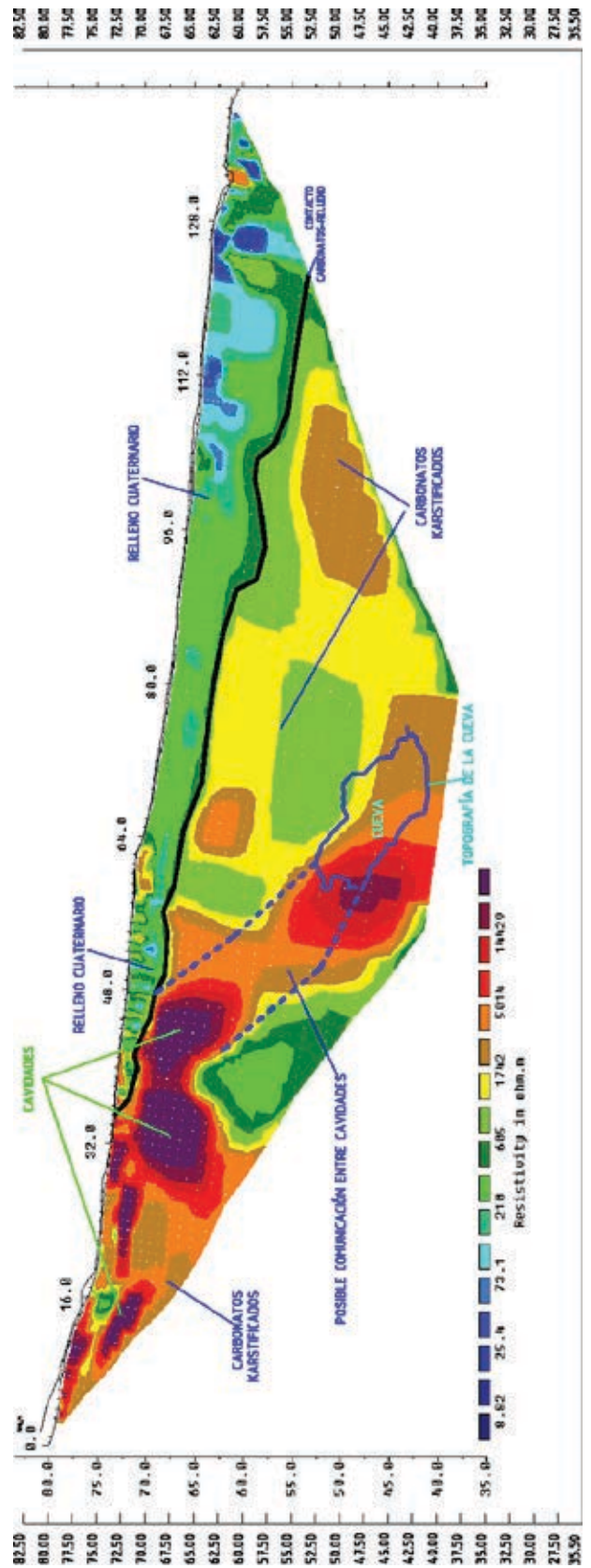


Fig. 10. Perfil 3 con indicación de los distintos materiales, su estado y la topografía de la cueva.

cueva, llegando solo a estudiar el contacto entre los carbonatos y las brechas con la presencia de dos anomalías. La traza del perfil se desarrolla desde el electrodo 1, ubicado en la ladera del Cerro de San Ginés, unos metros dentro en la formación carbonata y rodeado de labores mineras en superficie, y discurriendo ladera abajo atravesando el contacto superficial entre éstos y las brechas rojas llegando a ubicar el electrodo 72 más cerca de la rambla y atravesando el camino existente. Los puntos de medida han sido 6.037 para obtener una gran resolución en el perfil y se ha realizado el procesado de los datos hasta llegar a la iteración 5 con un error de 3, que se ha considerado muy bueno.

Este perfil nos ha permitido identificar de manera clara el contacto entre las brechas y la formación carbonatada con un buen contraste de resistividades, ubicando este contacto a los 605 Ohm-m, y en superficie a los 4 metros en la traza del perfil, profundizándose hacia el final del perfil.

Los carbonatos tienen resistividades altas y también se encuentran karstificados. Entre los 8 y 24 metros en la traza del perfil, a una profundidad entre 5 y 7 metros, se encuentra una variación en la geometría del contacto de las brechas y los carbonatos, donde se detectan dos anomalías en su geometría, semejantes en forma y profundidad a las vistas en el perfil 1. Estas anomalías provienen de la karstificación de los carbonatos que habrían sido rellenadas por las brechas. También podrían corresponder a la presencia de filones o bolsas de origen kárstico de manganeso, que son materiales más conductores. Por debajo, junto al borde del perfil, se encuentran resistividades muy altas, por encima de 14.000 Ohm-m, que se corresponden con la presencia de la sala Victoria I, que además se ha controlado mediante Escáner 3D. El resto del perfil describe el contacto de carbonatos con aumento del relleno de brechas y también la existencia de un acopio de material que ha sido extraído de las obras de Cueva Victoria II. En la base de las brechas y encima de los carbonatos existe una franja de brechas más cementadas correspondiente con el aumento de la resistividad en el perfil y observada en afloramiento.

En este perfil ya se puede observar el aumento de la profundidad que tiene Cueva Victoria I a lo largo de su perfil longitudinal, por lo que en el siguiente perfil situado al norte, donde la cueva es más profunda, se hace

necesario diseñar una geometría más amplia con mayor espaciamiento de los electrodos y aumento de la profundidad de investigación (fig. 9).

Perfil 3

Se encuentra ubicado al Norte de las edificaciones y cercano a las labores mineras (fig. 6c). Tiene una longitud de 142 metros con 72 electrodos de medida, por lo que se ha utilizado 2 metros de espaciado y una profundidad de investigación de 28 metros que nos permite llegar perfectamente hasta el techo de la galería. Las labores mineras de superficie han impedido colocar este perfil de forma paralela a los anteriores, por lo que se ha realizado con una dirección NO-SE, llegándose a localizar perfectamente el contacto entre los carbonatos y las brechas, junto a una gran cantidad de labores mineras localizadas hasta los 48 metros en la traza del perfil. En ese punto del perfil se aprecia una galería inclinada hacia Cueva Victoria I, con altas resistividades que enlazan con la cueva. La traza del perfil se desarrolla desde la ladera del Cerro de San Ginés, junto a labores mineras, dentro de la formación carbonata (electrodo 1) y discurre ladera abajo atravesando el contacto superficial entre éstos y las brechas rojas, llegando a atravesar el camino existente (electrodo 72). Los puntos de medida han sido 7.462, lo que ha permitido obtener una gran resolución en el perfil, realizando el procesado de los datos con un error de 6,4, que se ha considerado bueno.

En este perfil se puede apreciar claramente la presencia de galerías mineras de varios tamaños, junto con karstificación, identificadas por una alta resistividad hasta el metro 64 de la traza del perfil y en profundidad. En el resto del perfil existe menor karstificación y no hay cavidades de gran tamaño. Claramente se puede apreciar el aumento de profundidad a la que se encuentra la galería, llegando hasta los 19,30 metros (fig. 10).

CONCLUSIONES

Los objetivos perseguidos en la realización de estos trabajos han sido alcanzados satisfactoriamente, ya que se ha obtenido una caracterización de la interfase cueva-superficie muy detallada que ha permitido identificar las diferentes zonas donde se encuentra cada uno de los materiales. También se ha podido determinar el estado de estos materiales y su grado de inestabilidad, algo que representa una información importante para

realizar un trazado de uso turístico seguro por el interior de Cueva Victoria I.

El uso combinado de estas tecnologías, Escáner 3D y Tomografía Eléctrica, aporta nuevo conocimiento de gran resolución. Mediante el estudio con tomografía eléctrica se han reconocido los diferentes materiales que conforman el área de estudio, delimitando perfectamente la geometría y distribución de cada uno y su estado, con gran resolución, lo que ha permitido analizar la aparición de anomalías relacionadas con la colmatación de la cueva o con la presencia de ilones o bolsadas de origen kárstico, más conductores de manganeso no explotados y que abren muchas expectativas de futuro en la investigación de la zona. Para resolver este dilema se necesitaría de un estudio más amplio mediante estas técnicas y la recogida de muestras en profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se enmarca dentro de las acciones que está llevando a cabo el Excmo. Ayuntamiento de Cartagena para la apertura de Cueva Victoria como uso turístico, al cual agradecemos dejarnos publicar este artículo, así como a la empresa SADIM-GRUPOHUNOSA.

REFERENCIAS

FERRÀNDEZ-CAÑADELL, C. Y GIBERT, L. 2015: Introducción. Cueva Victoria, un yacimiento de vertebrados del Pleistoceno Inferior. Este volumen.

FERRÀNDEZ, C., PÉREZ-CUADRADO, J. L., GIBERT, J. Y MARTÍNEZ, B., 1989: Estudio preliminar de los sedimentos de relleno de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia). In: J. Gibert, D. Campillo and E. García Olivares (eds) *Los restos humanos de Orce y Cueva Victoria*. Publicacions de l'Institut de Paleontologia Dr. M. Crusafont, Diputació de Barcelona. Barcelona, pp. 379-393.

FERRÀNDEZ-CAÑADELL, C., RIBOT, F., GIBERT, L., 2014: New fossil teeth of *Theropithecus oswaldi* (Cercopithecoidea) from the Early Pleistocene at Cueva Victoria (SE Spain). *Journal of Human Evolution* 74, 55-66.

GIBERT, J., FERRÀNDEZ C., PÉREZ-CUADRADO J.L. Y MARTÍNEZ B., 1993: Cueva Victoria: cubil de carroñeros. *Memorias de Arqueología, Región de Murcia*, 4: 12-17, 1989).

GIBERT, J.; LEAKEY, M.; RIBOT, F.; GIBERT, L.; ARRIBAS, A. Y MARTÍNEZ, B., 1995: Presence of the Cercopithecoid genus *Theropithecus* in Cueva Victoria (Murcia, Spain). *Journal of Human Evolution* 28: 487-493.

GIBERT, J. Y MARTÍNEZ NAVARRO, B. (1992). Human presence and anthropic action in the S.E. of Iberian Peninsula during the Lower Pleistocene. *Revista Española de Paleontología Extra*, 59-70.

GIBERT, J. Y PÉREZ-PÉREZ, A. (1989). A human phalanx from the Lower Paleolithic site of Cueva Victoria (Murcia, Spain). *Human Evolution* 4, 307-316.

MANTECA, J. I. Y PIÑA, R., 2015: Las mineralizaciones ferro-manganesíferas de la mina-cueva Victoria y su contexto geológico. Este volumen.

MARTÍNEZ, P.; GÓMEZ-ORTIZ, D.; MARTÍN-CRESPO, T.; MANTECA, J.I. Y ROSIQUE, M.; 2013: The electrical resistivity tomography method in the detection of shallow mining cavities. A case study on the Victoria Cave, en: *Engineering Geology*, 156 (2013) 1-10.

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL. Hoja 978. IGN (Instituto Geográfico Nacional).

PÉREZ DE PERCEVAL, M.A; MANTECA MARTÍNEZ, J.I Y M.A. LÓPEZ-MORELL, 2015: Historia de la minería de Cueva Victoria. Este volumen.

Prólogo

Emiliano Aguirre

Presentación

L. Gibert y C. Ferràndez-Cañadell

Introducción. Cueva Victoria, un yacimiento de vertebrados del Pleistoceno Inferior

C. Ferràndez-Cañadell y L. Gibert

Historia de la minería de Cueva Victoria

M. A. Pérez de Perceval, J. I. Manteca Martínez y M.A. López-Morell

Las mineralizaciones ferro-manganesíferas de la mina-cueva Victoria y su contexto geológico

J. I. Manteca y R. Piña

Microscopía electrónica de las mineralizaciones cársticas de óxidos de hierro y manganeso de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia)

D. Artiaga, L. Gibert y J. García-Veigas

Edad del yacimiento de Cueva Victoria y su relación con otros yacimientos de la Península Ibérica

L. Gibert L. y G. Scott

²³⁰Th/U-dating of the Cueva Victoria flowstone sequence: Preliminary results and palaeoclimatic implications

A. Budsky, D. Scholz, L. Gibert y R. Mertz-kraus

Reconstrucción y génesis del karst de Cueva Victoria

A. Ros y J. L. Llamusi

Modelización tridimensional mediante escáner 3D y tomografía eléctrica de alta resolución, en Cueva Victoria I

A. Espín de Gea, A. Gil Abellán y M. Reyes Urquiza

Contexto sedimentario y tafonomía de Cueva Victoria

C. Ferràndez-Cañadell

Génesis de una acumulación osífera excepcional en Cueva Victoria (Cartagena, Murcia, España)

J. Vilà-Vinyet, Í. Soriguera-Gellida y C. Ferràndez-Cañadell

Anfibios y escamosos de Cueva Victoria

H. A. Blain

Las tortugas del yacimiento del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Murcia, España)

A. Pérez-García, I. Boneta, X. Murelaga, C. Ferràndez-Cañadell y L. Gibert

A brief review of the Spanish archaic Pleistocene arhizodont voles

R. A. Martín

Estado de conocimiento de los Insectívoros (Soricidae, Erinaceidae) de Cueva Victoria

M. Furió

The Lower Pleistocene Bats from Cueva Victoria

P. Sevilla

Aves del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (costa sudoriental mediterránea de la península Ibérica)

A. Sánchez Marco

The latest Early Pleistocene giant deer *Megaloceros novocarthaginiensis* n. sp. and the fallow deer *Dama cf. vallonnetensis* from Cueva Victoria (Murcia, Spain)

J. van der Made

Estudio de los caballos del yacimiento de Cueva Victoria, Pleistoceno Inferior (Murcia)

M. T. Alberdi y P. Piñero

The rhinoceros *Stephanorhinus aff. etruscus* from the latest Early Pleistocene of Cueva Victoria (Murcia, Spain)

J. van der Made

Elephant remains from Cueva Victoria

M. R. Palombo y M. T. Alberdi

Canid remains from Cueva Victoria. Specific attribution and biochronological implications

M. Boudadi-Maligne

Úrsidos, hiénidos y félidos del Pleistoceno inferior de Cueva Victoria (Cartagena, Murcia)

J. Madurell-Malapeira, J. Morales, V. Vinuesa y A. Boscaini

Los primates de Cueva Victoria

F. Ribot, C. Ferràndez-Cañadell y L. Gibert

Grupos pendientes de estudio o revisión

C. Ferràndez-Cañadell

Preparación de restos fósiles de Cueva Victoria, Cartagena

A. Gallardo

