

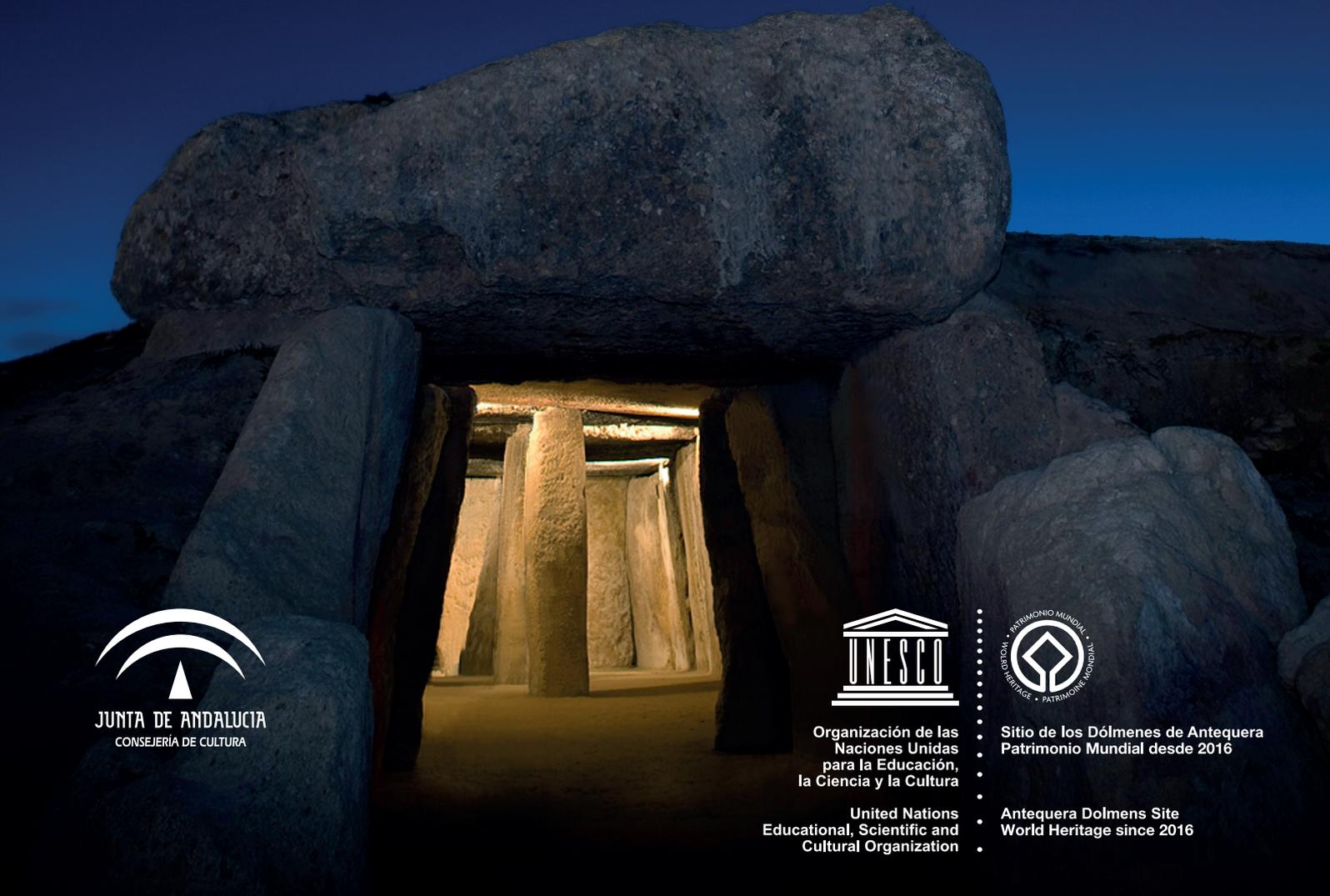
MENGA

CONJUNTO
ARQUEOLÓGICO
DÓLMENES DE
ANTEQUERA

AÑO 2017
ISSN 2172-6175

08

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA · JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE CULTURA



Organización de las
Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Sitio de los Dólmenes de Antequera
Patrimonio Mundial desde 2016

Antequera Dolmens Site
World Heritage since 2016

MENGA 08

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA
JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY

Publicación anual
Año 7 // Número 08 // 2017



ÍNDICE

07 EDITORIAL

12 DOSSIER: NEW PERSPECTIVES IN THE STUDY OF BIOARCHAEOLOGICAL REMAINS FROM THE 3RD MILLENNIUM BC IN SOUTHERN IBERIA

Coordinated by Marta Díaz-Zorita Bonilla

15 Stable isotope analysis of human remains from Los Millares cemetery (Almería, Spain, c. 3200-2200 cal BC): regional comparisons and dietary variability

Anna. J. Waterman, Jess L. Beck, Jonathan T. Thomas and Robert H. Tykot

29 Bioarchaeological approaches to social organization at Marroquíes (Jaén, Spain)

Jess L. Beck

53 Mobility patterns and paleodietary insights into humans and cattle at the Copper Age Mega-site of Valencina (Seville, Spain) through $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ isotope analyses

Marta Díaz-Zorita Bonilla, K. J. Knudson, Javier Escudero Carrillo, Hervé Bocherens and Leonardo García Sanjuán

71 Mortuary practices in Perdigões (Reguengos de Monsaraz, Portugal): Bio-anthropological approach to Tomb 2

Ana Maria Silva, Mariana Garcia, Inês Leandro, Lucy Shaw Evangelista, Tatiana Rodrigues and Antonio Carlos Valera

88 ESTUDIOS

91 Estudio bioarqueológico de la necrópolis megalítica de Panoría (Darro, Granada)

Marta Díaz-Zorita Bonilla, Gonzalo Aranda Jiménez, Sonia Robles Carrasco, Javier Escudero Carrillo, Margarita Sánchez Romero y Águeda Lozano Medina

117 Los signos del tiempo: documentación e interpretación de los petroglifos calcolíticos de la cueva del Toril (Otíñar, Jaén)

Manuel Serrano Araque, César Esteban López, Francisco Gómez Cabeza, Narciso Zafra de la Torre y Francisco Arias de Haro

143 Las primeras importaciones griegas en Occidente y la cronología de la cerámica geométrica: hacia un nuevo paradigma (II)

Eduardo García Alfonso



180 CRÓNICA

- 183 **El origen del nombre *Menga***
Stefan Ruhstaller
- 193 **Steles, Time and Ancestors in the Megaliths of Antequera, Málaga (Spain)**
Primitiva Bueno Ramírez, Rodrigo de Balbín Behrmann and Rosa Barroso Bermejo

220 RECENSIONES

- 220 **Eduardo García Alfonso**
Alonso Rodríguez Díaz, Ignacio Pavón Soldevila y David M. Duque Espino (eds.): *Historias de tesoros. Tesoros con historia*
- 228 **Eduardo García Alfonso**
Arturo Ruiz Rodríguez y Manuel Molinos Molinos (eds.): *Jaén, tierra ibera. 40 años de investigación y transferencia*

235 NOTICIAS

MENGA 08

REVISTA DE PREHISTORIA DE ANDALUCÍA
JOURNAL OF ANDALUSIAN PREHISTORY

Publicación anual
Año 7 // Número 08 // 2017

DIRECTOR/DIRECTOR

Bartolomé Ruiz González (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)

EDITORES/EDITORS

Gonzalo Aranda Jiménez (Universidad de Granada)
Eduardo García Alfonso (Junta de Andalucía. Delegación Territorial de Cultura, Turismo y Deporte, Málaga)

COORDINADOR DE RECENSIONES/REVIEWS COORDINATOR

María Oliva Rodríguez Ariza (Universidad de Jaén)

SECRETARIA TÉCNICA/TECHNICAL SECRETARY

Victoria Eugenia Pérez Nebreda (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)

CONSEJO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Gonzalo Aranda Jiménez (Universidad de Granada)
María Dolores Camalich Massieu (Universidad de La Laguna)
Eduardo García Alfonso (Junta de Andalucía. Delegación Territorial de Cultura, Turismo y Deporte, Málaga)
Leonardo García Sanjuán (Universidad de Sevilla)
Francisca Hornos Mata (Museo de Jaén)
Víctor Jiménez Jaimez (Universidad de Southampton)
José Enrique Márquez Romero (Universidad de Málaga)
Dimas Martín Socas (Universidad de La Laguna)
Ana Dolores Navarro Ortega (Museo Arqueológico de Sevilla)
Bartolomé Ruiz González (Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera)
Arturo Ruiz Rodríguez (Universidad de Jaén)
Carlos Odriozola Lloret (Universidad de Sevilla)
María Oliva Rodríguez Ariza (Universidad de Jaén)
Margarita Sánchez Romero (Universidad de Granada)

CONSEJO ASESOR/ADVISORY BOARD

Xavier Aquilué Abadias (Centro Iberia Graeca, L'Escala, Girona)
Ana Margarida Arruda (Universidade de Lisboa)
Rodrigo de Balbín Behrmann (Universidad de Alcalá de Henares)
Juan Antonio Barceló Álvarez (Universitat Autònoma de Barcelona)
María Belén Deamos (Universidad de Sevilla)
Juan Pedro Bellón Ruiz (Universidad de Jaén)
Joan Bernabeu Aubán (Universitat de València)
Massimo Botto (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma)
Primitiva Bueno Ramírez (Universidad de Alcalá de Henares)
Jane E. Buikstra (Arizona State University)
Teresa Chapa Brunet (Universidad Complutense de Madrid)
Robert Chapman (University of Reading)
Miguel Cortés Sánchez (Universidad de Sevilla)

Felipe Criado Boado (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Santiago de Compostela)
José Antonio Esquivel Guerrero (Universidad de Granada)
Silvia Fernández Cacho (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico)
Román Fernández-Baca Casares (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico)
Alfredo González Ruibal (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Santiago de Compostela)
Almudena Hernando Gonzalo (Universidad Complutense de Madrid)
Isabel Izquierdo Peraile (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España)
Sylvia Jiménez-Brobeil (Universidad de Granada)
Michael Kunst (Deutsches Archäologisches Institut, Madrid)
Katina Lillios (University of Iowa)
José Luis López Castro (Universidad de Almería)
Juan Antonio Martín Ruiz (Academia Andaluza de la Historia, Málaga)
Martí Mas Cornellà (Universidad Nacional de Educación a Distancia)
Fernando Molina González (Universidad de Granada)
Ignacio Montero Ruiz (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid)
Arturo Morales Muñoz (Universidad Autónoma de Madrid)
María Morente del Monte (Museo de Málaga)
Leonor Peña Chocarro (Escuela Española de Historia y Arqueología en Roma. CSIC)
Raquel Piqué Huerta (Universitat Autònoma de Barcelona)
José Ramos Muñoz (Universidad de Cádiz)
Charlotte Roberts (University of Durham)
Ignacio Rodríguez Temiño (Conjunto Arqueológico de Carmona)
Robert Sala Ramos (Universitat Rovira i Virgili)
Alberto Sánchez Vizcaíno (Universidad de Jaén)
Stephanie Thiebault (Centre Nationale de Recherche Scientifique, París)
Ignacio de la Torre Sáinz (Institute of Archaeology, University College London)
Juan Manuel Vicent García (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid)
David Wheatley (University of Southampton)
Joao Zilhão (Universitat de Barcelona)

EDICIÓN/PUBLISHED BY

JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Cultura



PRODUCCIÓN/PRODUCTION

Agencia Andaluza de Instituciones Culturales
Diseño

DISEÑO/DESIGN

Carmen Jiménez del Rosal

MAQUETACIÓN/COMPOSITION

Francisco José Romero Romero (Agencia Andaluza de Instituciones Culturales)

IMPRESIÓN/PRINTING

PodiPrint

LUGAR DE EDICIÓN/PUBLISHED IN

Sevilla

FOTOGRAFÍAS/PHOTOGRAPHS

Portada / Front cover: El dolmen de Menga. Fotografía de Javier Pérez González / The dolmen of Menga. Photo: Javier Pérez González.

INSTITUCIONES COLABORADORAS/SUPPORTING ENTITIES

Instituto Universitario de Investigación en Arqueología Ibérica (Universidad de Jaén).

Grupo de Investigación: ATLAS (HUM-694) (Universidad de Sevilla).

Grupo de Investigación: GEA. Cultura material e identidad social en la Prehistoria Reciente en el sur de la Península Ibérica (HUM-065) (Universidad de Granada).

Grupo de Investigación: PERUMA. Prehistoric Enclosures Research (Universidad de Málaga).

Grupo de Investigación de las sociedades de la Prehistoria Reciente de Andalucía y el Algarve (GISPRAYA) (Universidad de La Laguna).

ISSN 2172-6175

Depósito legal: SE 8812-2011



Salvo que se indique lo contrario, esta obra está bajo una licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported Creative Commons. Usted es libre de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra bajo las condiciones siguientes:

- Reconocimiento. Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadador.
- No comercial. No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- Sin obras derivadas. No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor. Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por ley no se ven afectados por lo anterior. La licencia completa está disponible en: <http://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/3.0/>

Unless stated otherwise, this work is licensed under an Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported Creative Commons. You are free to share, copy, distribute and transmit the work under the following conditions:

- Attribution. You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor.
- Noncommercial. You may not use this work for commercial purposes.
- No Derivative Works. You may not alter, transform, or build upon this work.

For any reuse or distribution, you must make clear to others the licence terms of this work. Any of the above conditions can be waived if you get permission from the copyright holder. Where the work or any of its elements is in the public domain under applicable law, that status is in no way affected by the licence. The complete licence can be seen in the following web page: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>



La Cueva del Toril desde el noreste.

LOS SIGNOS DEL TIEMPO: DOCUMENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS PETROGLIFOS CALCOLÍTICOS DE LA CUEVA DEL TORIL (OTIÑAR, JAÉN)

Manuel Serrano Araque¹, César Esteban López², Francisco Gómez Cabeza³, Narciso Zafra de la Torre⁴ y Francisco Arias de Haro⁵

Resumen:

Se presentan los resultados de un primer estudio arqueoastronómico sobre los petroglifos de la Cueva del Toril (Otiñar, Jaén). Éste ha consistido, primero, en una documentación del soporte y de los grabados mediante fotografías georreferenciadas, tratadas con *software* 3D –*Agisoft Photoscan* y *Autodesk 3D ReMake*–, y sobre el modelo generado se han aplicado técnicas de realce del color según la profundidad del programa *Meshlab*; segundo, en una vía de interpretación que los asocia con una funcionalidad astronómica, concretamente uno de los grabados –el pentasemicírculo– se vincula con el solsticio de invierno, y hay indicios que nos permiten relacionar otros grabados con fechas significativas del calendario solar; y por último, técnicas arqueoastronómicas –variación de la oblicuidad de la eclíptica– nos permiten formular una propuesta de datación de los petroglifos hacia el 2800 ± 200 ANE, resultado que encaja bien con las evidencias conocidas por prospecciones arqueológicas en el valle.

Palabras clave: Registro Arqueológico, Arqueoastronomía, Arte Rupestre, Petroglifos, Edad del Cobre, Solsticio de Invierno.

THE SIGNS OF TIME: DOCUMENTATION AND INTERPRETATION OF THE CHALCOLITHIC PETROGLYPHS OF THE CAVE OF TORIL IN OTIÑAR (JAÉN, SPAIN)

Abstract:

The results of a first archaeoastronomical study on the petroglyphs of the Cave of Toril in Otiñar (Jaén, Spain) are presented. This has consisted, firstly, of documentation of the support and of engravings through georeferenced photographs, treated with 3D software –*Agisoft Photoscan* and *Autodesk 3D ReMake*– and on the generated model have been applied techniques of color enhancement according to the depth of the *Meshlab* program. Secondly in a way of interpretation that associates them with an astronomical functionality. Specifically, one of the engravings –the *pentasemicircle*– is linked to the winter solstice, and there are indications that allow us to relate other engravings with significant dates of the solar calendar. Finally, archaeoastronomical techniques –variation of the obliquity of the ecliptic– lead us to propose a tentative dating of the petroglyphs around 2800 ± 200 BC, which fits well with the evidence known by archaeological surveys in the valley.

Keywords: Archaeological Record, Archaeoastronomy, Rock Art, Petroglyphs, Copper Age, Winter Solstice.

¹ Arqueólogo. [manuel.serrano.araque@gmail.com]

² Instituto de Astrofísica de Canarias y Departamento de Astrofísica. Universidad de La Laguna. [cel@iac.es]

³ Doctor en Arqueología. [fgomezcabaza@gmail.com]

⁴ Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Delegación de Jaén. [narciso.zafra@juntadeandalucia.es]

⁵ Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Conjunto Arqueológico de Cástulo. [francisco.arias.aro@juntadeandalucia.es]

Recibido: 25/06/2017. Aceptado: 26/09/2017

1. INTRODUCCIÓN

Otíñar es un valle de montaña situado al sur de Jaén, en la sierra homónima. Está abierto por el río Quiebrajano en las formaciones calizas de la montaña, constituyendo una geoforma cerrada con perfil en artesa, con un plano de vegas de 400 m de anchura y una cota de entre 500 y 600 m, rodeado de montañas de entre 750 y 1300 m con una distancia entre cumbres de unos 3 km (Fig. 1). Este valle por sus valores patrimoniales está inscrito en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz, como Bien de Interés Cultural, con la tipología de Zona Patrimonial¹. Entre los más de cien elementos patrimoniales que engloba esta declaración, se encuentra la Cueva del Toril –elemento E15– (Fig. 2) que forma parte del conjunto rupestre del barranco de la Tinaja, marcado como polígono A8 de la Zona Patrimonial.

Antes de entrar a comentar el contexto histórico de este elemento, hay que decir que en la cueva no se han realizado excavaciones arqueológicas y que, por su uso tradicional como redil, su techo estratigráfico ha sido fuertemente alterado por limpiezas periódicas de las que desconocemos su profundidad. Además, su entorno inmediato, el barranco de la Tinaja, se ha visto transformado por las violentas riadas del arroyo de la Olla, y la obra del acueducto del Quiebrajano, uno de cuyos sifones se halla aguas arriba, lo que requirió construir un camino para el paso de maquinaria pesada. Por tanto, el contexto arqueológico de los grabados solo podríamos extrapolarlo por paralelos con otras manifestaciones rupestres de esta índole. Por ejemplo, las *cup-and-ring* de la Europa atlántica, petroglifos asociados, en su mayoría, al arte megalítico, que se fechan entre el Neolítico y la Edad del Bronce.

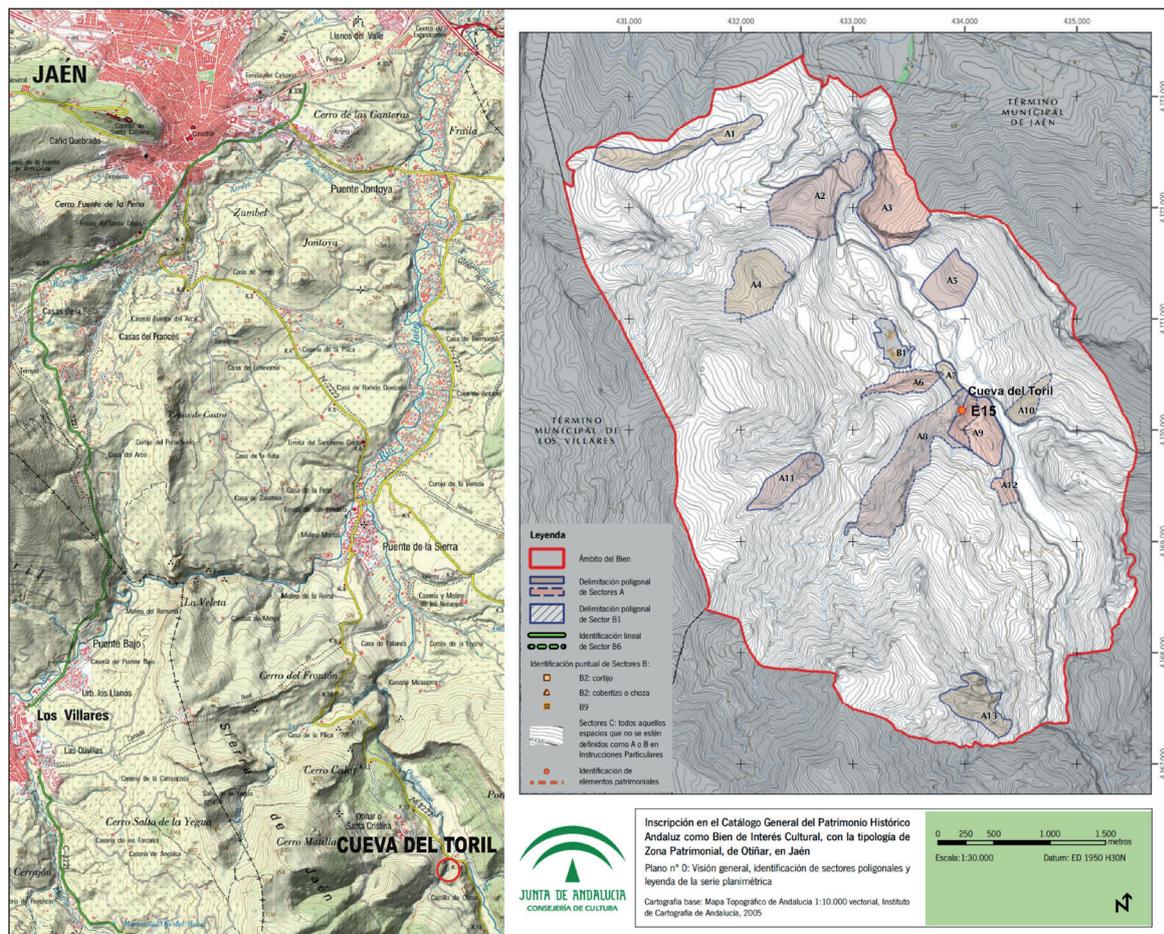


Fig. 1. Localización MTN 1:25.000. Plano del DECRETO 354/2009, de 13 de octubre, por el que Otíñar (Jaén) se inscribe en el Catálogo General del Patrimonio Histórico de Andalucía.

¹ Decreto 354/2009, de 13 de octubre, por el que se inscribe en el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz como Bien de Interés Cultural, con la tipología de Zona Patrimonial, el Bien denominado Otíñar, en el término municipal de Jaén (BOJA nº. 203, 16 de octubre de 2009).



Fig. 2. Imagen de la Cueva del Toril desde el noreste.



Fig. 3. Vista del valle de Otíñar desde el poblado de Cerro Véleta. La muralla en primer plano separando el interior del valle –izquierda– del exterior. Al fondo, oculto al pie de castillo, el barranco de la Tinaja con el Abrigo del Toril.

Los círculos concéntricos grabados en la cueva del Toril tienen paralelos formales con estas manifestaciones y, precisamente, uno de los escasísimos ejemplos de estructura megalítica en Jaén es el dolmen del Collado de los Bastianes, vinculado al poblado de Cerro Veleta. Luego podríamos hacer esta asociación indirecta: los grabados por paralelos inmediatos y otros lejanos se pueden adscribir al III milenio ANE.

Concretamente para esta época, se conocen el mencionado poblado fortificado, su necrópolis dolménica y un conjunto de canteras de sílex dispersas por los frentes de caliza de Otíñar (Zafra, 2006: 158-166). La fortificación se construyó cortando uno de los escasos accesos naturales al valle (Fig. 3). Es una muralla ataludada de 200 m de longitud y una decena de metros de grosor con cuatro bastiones semicirculares. Junto a ella, extramuros, se encuentra el dolmen de Otíñar. Por tanto, podemos concluir que tres tipos de barreras –orográficas (montañas), arquitectónicas (muralla) y simbólicas (dolmen)– defienden el valle. Estos indicios nos llevan a formular la hipótesis de que Cerro Veleta sería un poblado minero. Su función específica sería la explotación de las abundantes vetas de sílex del valle, que se transportaría para la fabricación de útiles a Cerro Veleta, zona de cobijo y taller. También se fabricarían allí las propias herramientas de trabajo con las rocas traídas de Sierra Morena o de puntos de las sierras meridionales de Jaén. Como es lógico esa actividad principal orientada al intercambio, se complementaría con otras agropecuarias, cinegéticas y de recolección que ayudarían a garantizar la subsistencia del grupo. Este tipo de paisaje especializado es compartido por otros grupos megalíticos del Subbético malagueño y granadino que presentan economías y manifestaciones culturales semejantes. Esta actividad minera dota a la comunidad de los conocimientos, destrezas y herramientas necesarias para tallar las calizas, habilidades que se revelarán muy valiosas para grabar los signos que localizamos en la Cueva del Toril.

La Cueva o Abrigo del Toril está localizado en el barranco de la Tinaja, una garganta que forma el arroyo de la Hoya del Caño en su confluencia con el río Quiebrajano. Presenta forma de semicúpula, la apertura tiene una longitud de unos 63 m, una altura de 20 m y una profundidad de 18 m. Es la segunda mayor cueva del valle, siendo la primera El

Covarrón. El barranco tiene una orientación general de aproximadamente 220° Az (NE-SW), las paredes de la cueva donde se hallan los grabados tienen una orientación aproximada de norte a sur y en planta se disponen de manera semicircular. Los grabados se encuentran en determinados tramos del abrigo, en unos con más densidad que en otros. La sección sur del arco cenital que marca la boca de la cueva parece ejercer la función de gnomon, proyectando las sombras hacia la pared de los grabados.

En varios puntos del abrigo surgen manantiales de agua en las épocas lluviosas. En los ciclos más húmedos estas surgencias han dejado su impronta en forma de estalactitas y sucesivas capas de concreciones calcáreas que en algunas zonas dibujan perfiles sinuosos y fantasmagóricos, en contraste con las formas predominantemente angulosas de la erosión natural de los estratos geológicos. No es difícil sugestionarse en la observación de formas antropomorfas y zoomorfas que nos harían dudar si son naturales o han sido talladas por la mano del hombre. Se trata en definitiva, de un escenario imponente, de gran belleza y formas sugerentes, donde mana el agua entre el juego de claroscuros que dibuja la luz del sol en su viaje a lo largo del año.

Los grabados se concentran en la zona iluminada por el sol en el ocaso, que puede considerarse la zona principal del conjunto, donde se halla el grabado singular del pentasemicírculo. Existe en planta un muro de tendencia semicircular de 1,20 m de grosor y cuatro metros de radio, que aproximadamente lo circunda y cuyo centro es el citado pentasemicírculo. Todos los grabados están orientados para ser vistos desde este ámbito, ya que independientemente de la zona de ubicación, las paredes presentan muchas aristas y ángulos, y los grabados han sido practicados en todos los casos en aquella vertiente de la arista visible desde la posición media del muro semicircular, que además presenta la forma de un banco corrido. Esta disposición visual de los grabados nos induce a suponer que en ese punto del muro, centrípeto a los grabados del invierno, podía encontrarse el punto de vista del observador.

Hay otros muros y estructuras en la cueva. En el sector norte de la pared de grabados, un muro continúa y parece protegerla hasta una esquina, a partir de la cual los grabados no se aprecian. Parece

haber una relación entre el conjunto de petroglifos y las estructuras emergentes en planta. Si bien estas estructuras han sido usadas en el pasado reciente como redil, y también han servido como defensas frente a la dinámica violenta del arroyo de la Hoya, su espesor y su relación geométrica con el grabado central hacen pensar que forman parte del conjunto. Por tanto hay que considerarlos como elementos arquitectónicos del marco ritual y funcional del yacimiento. Tal hipótesis habrá que confirmarla mediante excavaciones.

Dejamos para trabajos posteriores una descripción pormenorizada de los grabados, y nos centraremos en las técnicas de documentación y el análisis arqueoastronómico.

2. NUEVAS TÉCNICAS DE DOCUMENTACIÓN DE LOS GRABADOS

Las primeras noticias publicadas sobre los grabados de la cueva del Toril se deben a Chicote Utiel y López Murillo (1975: 40-41, 92-95) que publicaron una muestra fotográfica, posteriormente son parcialmente documentados mediante calcos, por Soria Lerma (1980: 59-68) en su memoria de licenciatura y por Soria Lerma y López Payer (1989: 115-116, figs. 62-66) en su panorámica del arte rupestre del Sureste de la Península. Eslava Galán (1983) les dedicó un trabajo específico, donde los describe y hace una interpretación ritual y simbólica, concluyendo que es un santuario consagrado a las fuerzas de la naturaleza (Fig. 4).

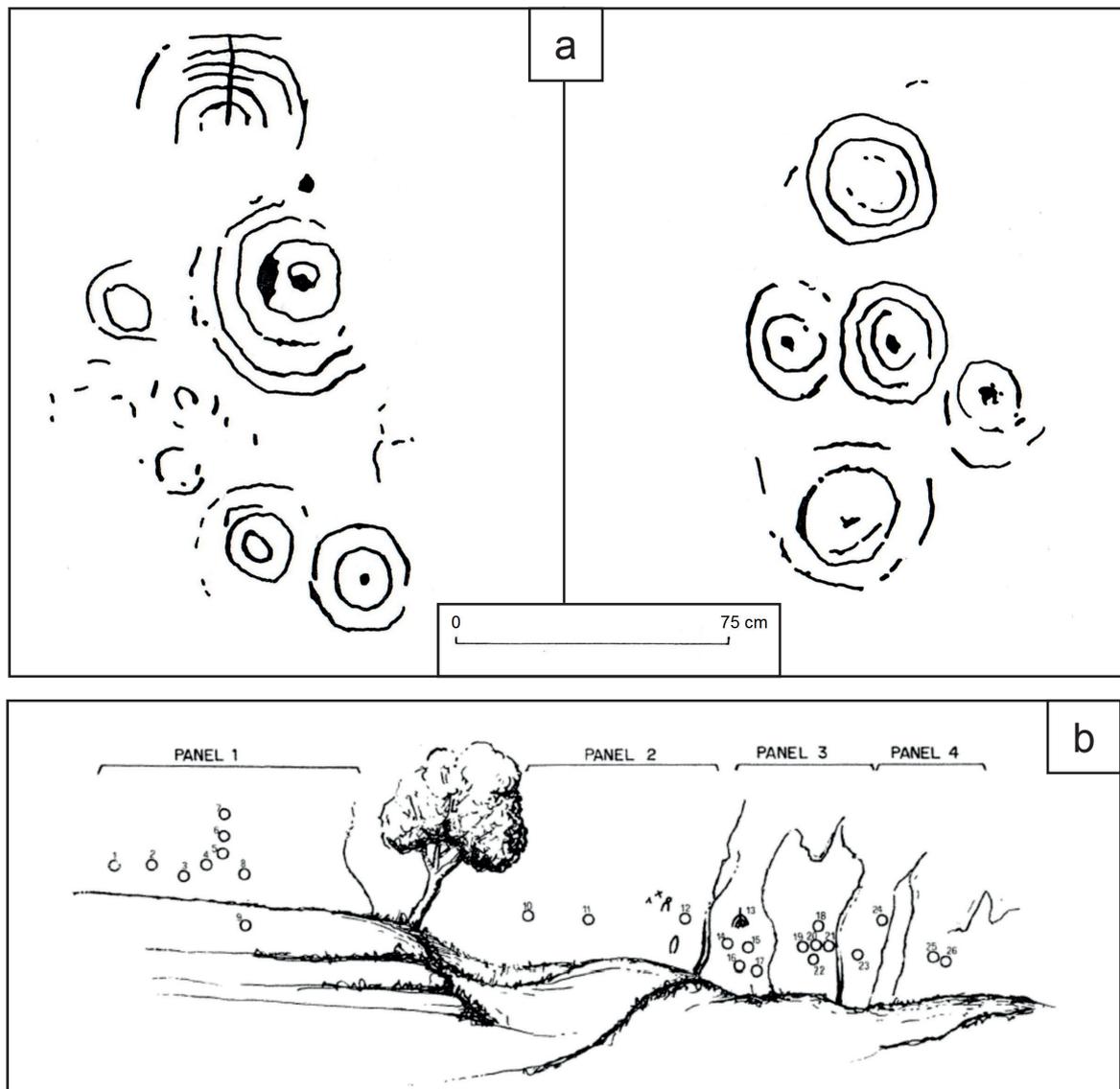


Fig. 4. Representaciones previas de los grabados de la Cueva del Toril: a) Según Soria Lerma (1980). b) Según Eslava Galán (1985).

Los petroglifos son especialmente refractarios a la representación y son inexactos por las técnicas utilizadas en el registro, tanto de soportes como de grabados. En 2013 y en esta misma revista, Díaz-Guardamino y Wheatley ya propugnaban y utilizaban técnicas innovadoras (RTI y escaneado laser 3D) para la descripción y análisis de estelas grabadas del Bronce Final, señalando el alto coste de la generación del modelo 3D como hándicap, pero señalando que estos métodos eran ideales para registrar los grabados rupestres (Díaz-Guardamino Uribe y Wheatley, 2013: 200). De 2013 hasta ahora se ha desarrollado el *software* fotográfico necesario para sustituir al escáner 3D, abaratando mucho los costes, y permitiendo este estudio.

2.1 ADQUISICIÓN DEL MODELO GENERAL DEL ABRIGO

En los últimos años, el desarrollo de *software* aplicado a la fotogrametría favorece la realización de trabajos complejos con herramientas de fácil alcance y sin la necesidad de instrumentos de alto coste, permitiendo realizar levantamientos de espacios complejos con relativa facilidad. En el caso del Abrigo del Toril, necesitábamos, por un lado, un levantamiento general del mismo para desarrollar los trabajos de análisis de la incidencia del sol en su interior y, por otro, era igualmente importante realizar un modelo a mayor detalle de los paneles en los que se ubicaban las incisiones, para realizar un estudio en profundidad de las mismas.

El levantamiento del modelo general del abrigo se ha realizado utilizando fotografías tomadas con una cámara *GoPro Hero 3*. Si bien este tipo de cámara no destaca por la calidad de la imagen, nos permitió acoplarla a una pértiga y poder controlarla mediante un dispositivo móvil. La pértiga elegida era extensible hasta una longitud de cinco metros, escogiéndose alturas diferentes en función de las necesidades. Así, para el levantamiento de la planta, con grandes diferencias de nivel por causa de la presencia de muros, se tomaron las fotografías con la altura máxima que nos permitían los medios de los que disponíamos. En cambio, en los casos en los que queríamos adquirir las partes bajas de las paredes del abrigo y los alzados de los muros, se seleccionaron alturas que oscilaban entre uno y dos metros. Una vez finalizado el proceso de la adquisición, para la generación de nuestro modelo general seleccionamos un total de 420 fotografías (Fig. 5).

Las tomas se adquirieron según los diferentes criterios que hemos expuesto y se organizaron en función del tipo de elemento en el que estaban centradas. Por tanto, contábamos con tres series de imágenes, aquellas que nos servirían para adquirir la planta general, otras para las paredes en su parte más alta y el techo del abrigo y por último las fotografías destinadas a la adquisición de las paredes en su parte más baja y las estructuras emergentes.

Como criterio de iluminación, decidimos realizar la adquisición una mañana en la que el cielo estaba cubierto para evitar sombras e iluminaciones no deseadas. El tiempo total de la toma de imágenes fue en torno a una hora y si durante el mismo hubiera estado soleado, la morfología de las sombras habría cambiado en gran medida entre el principio y el fin del proceso, causando problemas a la hora de generar el modelo 3D. Para la adquisición colocamos un total de 7 marcadores de los que conocíamos las coordenadas concretas gracias al apoyo topográfico con el que contábamos. Estos marcadores nos ayudarían posteriormente a georreferenciar el modelo.

El *software* que se ha elegido para la generación del modelo 3D general ha sido *Agisoft Photoscan*, habiendo sido necesario realizar una calibración de la cámara para eliminar las posibles distorsiones que se hubieran podido generar durante el proceso de adquisición. Durante dicho proceso decidimos tomar las fotos sin utilizar el gran angular con el que trabaja la cámara *GoPro*, ya que ese tipo de fotografías panorámicas generan gran cantidad de distorsión en los márgenes originando modelos con curvaturas no deseadas.

Una vez generado el modelo 3D se georreferenció a partir de seis de los marcadores antes citados. La posibilidad de evaluar la precisión que brinda el *software Agisoft Photoscan*, unido al análisis del séptimo punto de apoyo, del que no habíamos introducido sus coordenadas, nos ofreció el dato de que la precisión del modelo en la zona de los petroglifos era de 0,7 cm. Consideramos que esta precisión era más que suficiente para nuestro objetivo de analizar la incidencia del sol en el interior del mismo. El modelo 3D resultante nos permitió igualmente obtener un modelo digital de elevaciones de la superficie del abrigo, a partir del cual se pudo generar un mapa hipsométrico con suficiente detalle como para poder analizar las estructuras visibles (Fig. 6).

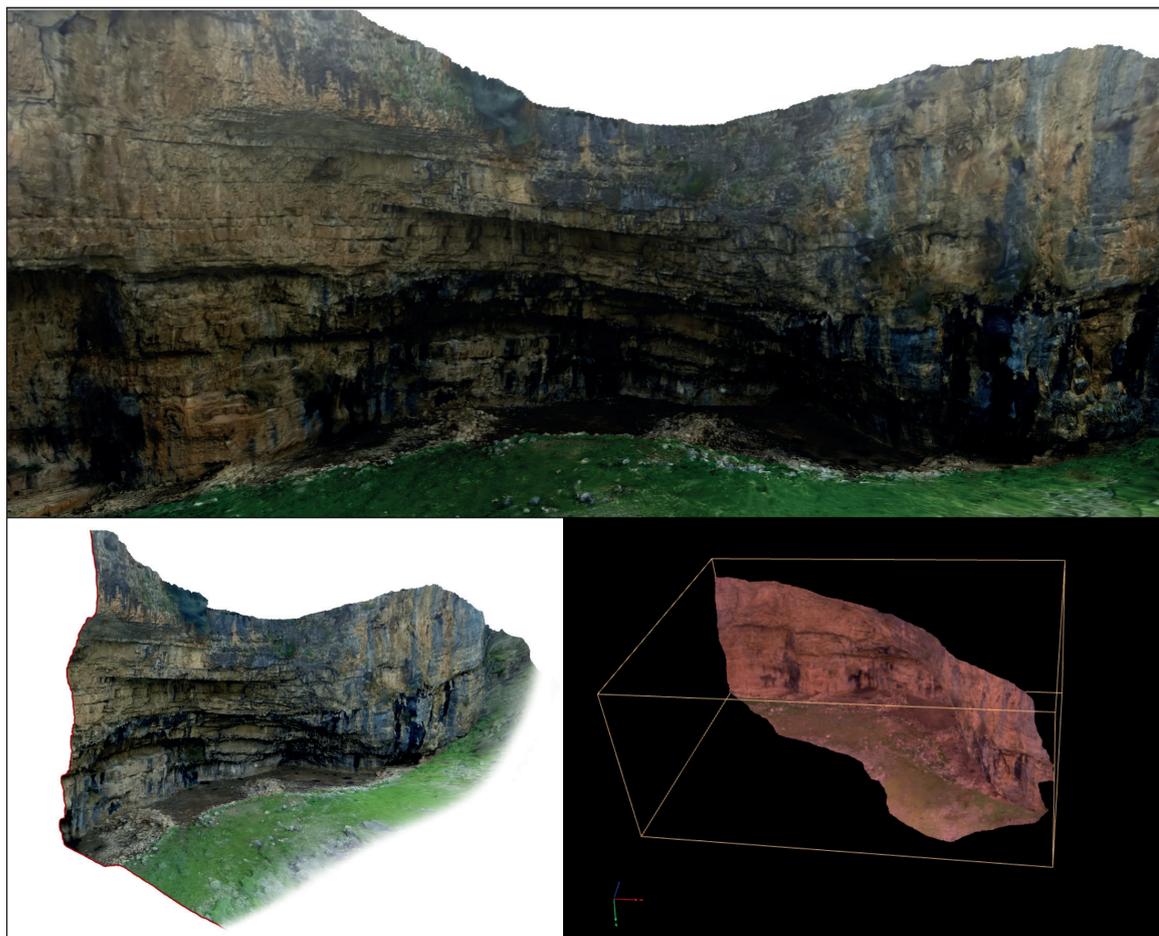


Fig. 5. Vistas 3D del modelo general del Abrigo del Toril.

2.2. ANÁLISIS DE LOS GRABADOS MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA

Una segunda escala de trabajo fue la adquisición de los paneles en los que se localizaban los grabados. En este caso necesitábamos un modelo 3D de alta calidad para la documentación tanto de los motivos visibles como para la búsqueda de otras posibles incisiones difíciles de localizar a simple vista. Para la adquisición de estos modelos a mayor detalle la cámara elegida fue una *Canon EOS 40D*®, tomándose las diferentes fotografías en un intervalo regular de 50 cm a tres alturas diferentes. En el caso del Abrigo del Toril, hablar de paneles es difícil debido a la irregularidad de sus paredes, así que decidimos usar el término de “tramo de adquisición” (indicados en las Figs. 6-7). Los factores que nos llevaron a diferenciar estos diferentes tramos fueron las orientaciones de cada uno de ellos, habiéndose adquirido un total de cinco, que se localizan en el centro y zona norte del abrigo. No se adquirieron las

paredes ubicadas más al sur porque a simple vista no detectamos la presencia de petroglifos en las mismas, si bien, después de los resultados que se expondrán más adelante, creemos que en un futuro debería aplicarse la misma técnica para poder descartar realmente la presencia de motivos incisos en esas zonas.

En el caso de estos modelos 3D de mayor detalle, hemos recurrido al *software Autodesk 3D ReMake* en su fase Beta, fundamentalmente porque la opción de dicho programa que facilita enviar las fotografías a su servidor y obtener el modelo procesado en solo unas horas nos permitía generar mallas que superaban los diez millones de polígonos de manera rápida y remota, sin necesidad de emplear nuestros equipos informáticos para el procesamiento de las mismas durante un largo periodo de tiempo.

La documentación de los petroglifos ha ido evolucionando buscando aplicar técnicas cada vez menos

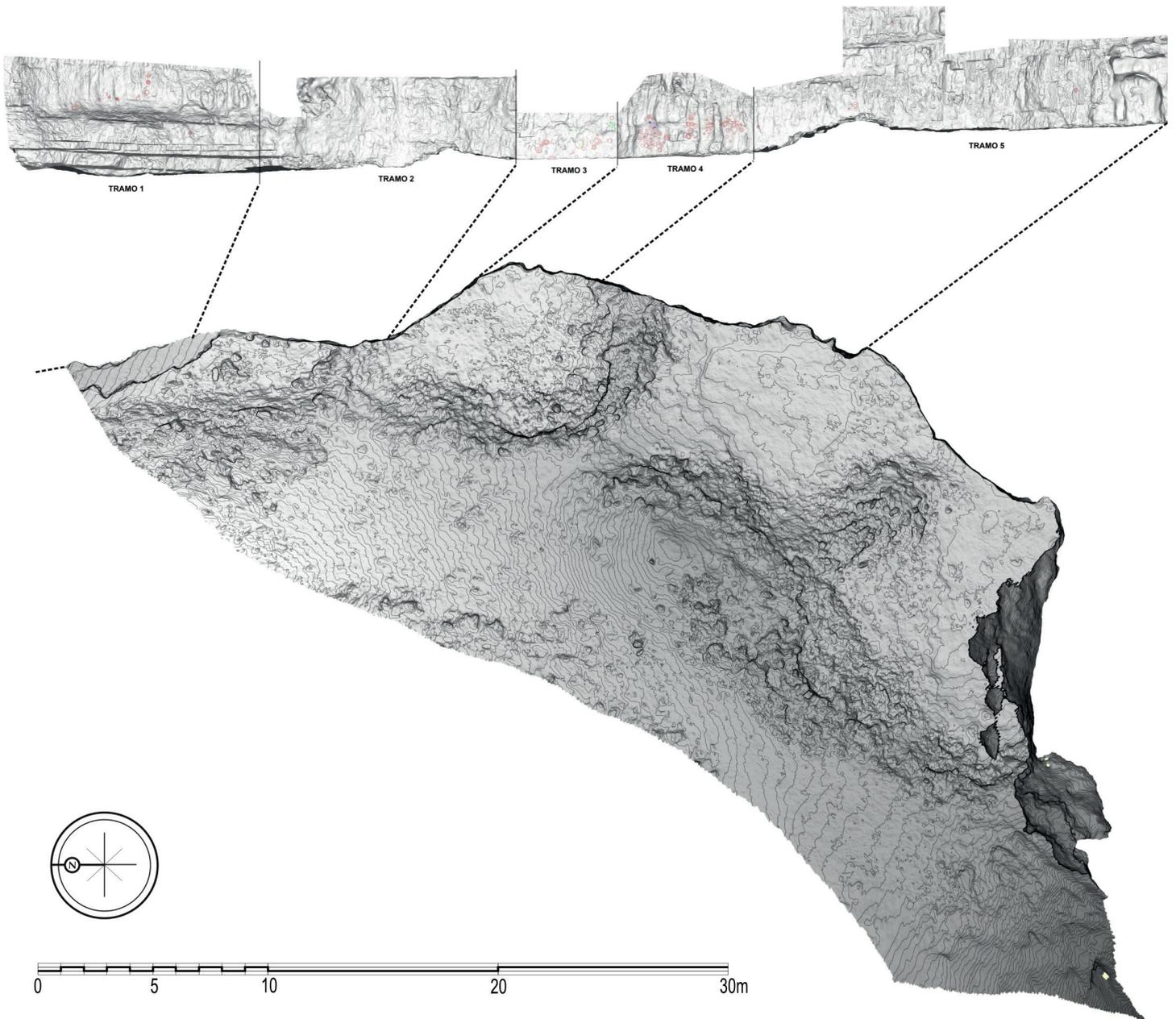


Fig. 6. Microtopografía de la planta de la Cueva del Toril generada desde el modelo 3D. Curvas de nivel cada 20 cm.

invasivas, partiendo de un primer momento en el que se utilizaba el dibujo a mano alzada o la realización de fotografías en las que los surcos eran pintados con carbón o tiza previamente. Posteriormente se fueron desarrollando nuevos métodos de documentación que no recurrían al pintado de los grabados, como la utilización de calcos directos o la aplicación de luz rasante. Esta última técnica se realizaba mediante fotografías nocturnas con una luz que incidía en el panel de tal modo que favorecía la observación del grabado por medio del juego de luces y sombras que provocaba. No obstante este método dependía en gran medida de la experiencia del investigador a la hora de localizar los posibles motivos, lo cual conllevaba un alto grado de subjetividad, e igualmente en muchos casos requería la necesidad de tener que volver a adquirir las fotografías cambiando el origen de la luz para confirmar las incisiones que el investigador creía ver (Vázquez Martínez *et al.*, 2015a).

En la actualidad, y cada día más de una forma creciente, surgen nuevas herramientas para la investigación y experimentación sobre este tipo de evidencias arqueológicas, con el fin de expresar aquellos elementos, que a pesar de haber sido documentados y estudiados, aún conservan rasgos ocultos que mostrar que nos acercan a su correcta interpretación. Así, en los últimos años se han venido desarrollando diferentes técnicas que facilitan el estudio y documentación apoyándose en la fotogrametría *Structure from Motion* (SFM), siendo en estos momentos uno de los sistemas que ofrece mayor precisión y que mejor permite captar elementos imperceptibles para el ojo humano. Además esta técnica implica el hecho de que no se produce contacto alguno con el panel, pudiéndose realizar los trabajos con luces rasantes o calcos virtuales con posterioridad, mediante aplicaciones informáticas sobre el modelo 3D obtenido.

Teniendo como base la fotogrametría o el escáner láser, una de las primeras técnicas que comenzó a utilizarse para la documentación de aquellos motivos que generalmente no eran visibles con facilidad, es la conocida como *Virtual RTI*, que consiste en la renderización del modelo con diferentes direcciones de luz aplicadas a la malla para posteriormente procesarlas y utilizarlas como un RTI tradicional. Este método facilita al investigador un nivel de interacción muy grande, pudiendo ir variando la orientación de la luminosidad para visualizar el relieve de la superficie a estudiar (Earl *et al.*, 2010).

Paralelamente se ha venido desarrollando igualmente una técnica conocida como *Morphological Residual Model* (MRM), que permite visualizar con mayor claridad las anomalías morfológicas presentes en la superficie de la roca, resaltándose con un color diferente las incisiones o pequeñas cavidades (Pires *et al.*, 2014). Una variante de este método es la aplicación del *radiance scaling shader* del *software Meshlab*, que permite obtener resultados similares al método anterior (Vázquez Martínez *et al.*, 2015b).

En nuestro caso decidimos aplicar ambas técnicas para comprobar con cuál de ellas obteníamos mejor resultado o si, como veremos a continuación, se podían complementar. Para la elaboración de nuestro particular *Radiance Scaling* se procedió al procesado en *Blender*, un *software* gratuito multiplataforma, diseñado especialmente para el modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales, que también permite la composición digital utilizando la técnica procesal de nodos, permitiendo generar texturas que nos muestran elementos ocultos a simple vista (Fig. 7). Así, mediante la combinación de diferentes nodos se trató de obtener una textura aplicada sobre el modelo digital, que mostrara y diferenciara las concavidades y convexidades de la roca por color. El resultado de esta metodología es una representación de las irregularidades de los alzados del abrigo, en la que se facilita el análisis de la superficie de la roca, así como la identificación de zonas en las que se localizan trazos realizados de forma artificial, algunos de los cuales son prácticamente invisibles para el observador *in situ*, y que gracias a esta técnica se logran intuir (Fig. 8).

No obstante, la irregularidad de las paredes analizadas es tan grande que, en base a los resultados con el método MRM, decidimos aplicar una segunda escala de análisis mediante la aplicación de luces a la malla (*Virtual RTI*) (Fig. 9). Este método demostró ser un complemento perfecto al método anterior, llegando incluso a facilitar la observación de determinados elementos que por carecer de incisiones claras por el desgaste de la roca, tan solo conservaban morfológicamente las protuberancias de los espacios que había en el interior de los círculos.

Este análisis combinado nos ha permitido trazar sobre la malla sin textura de los diferentes tramos de adquisición la ubicación de los petroglifos que

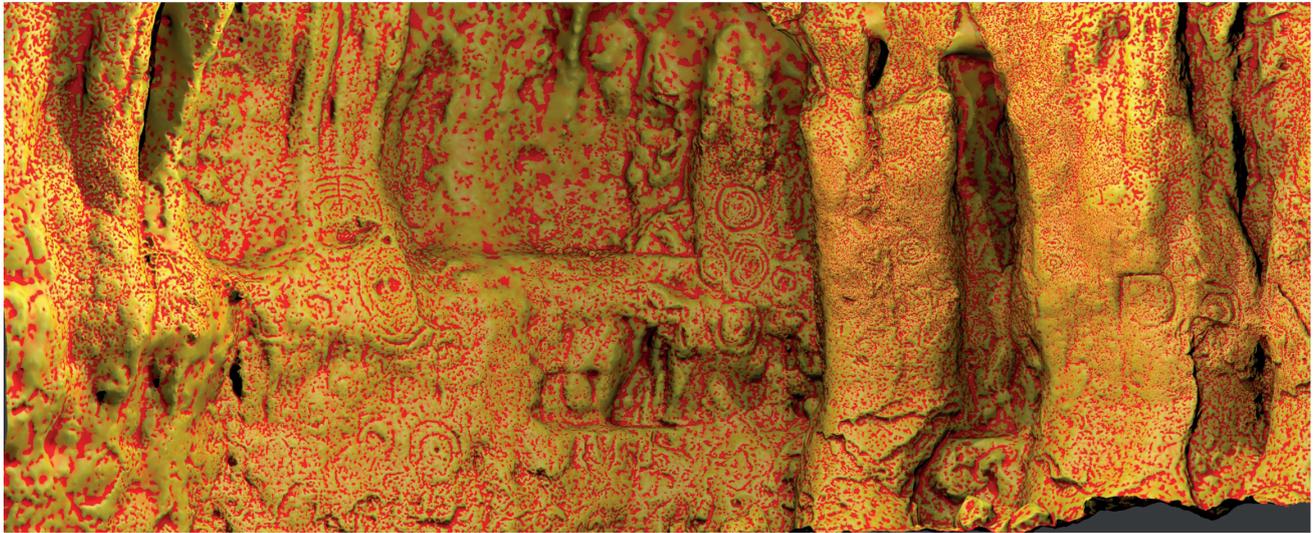
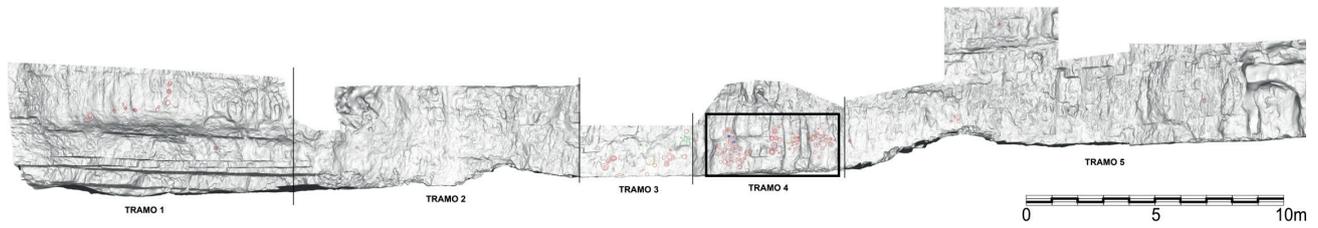
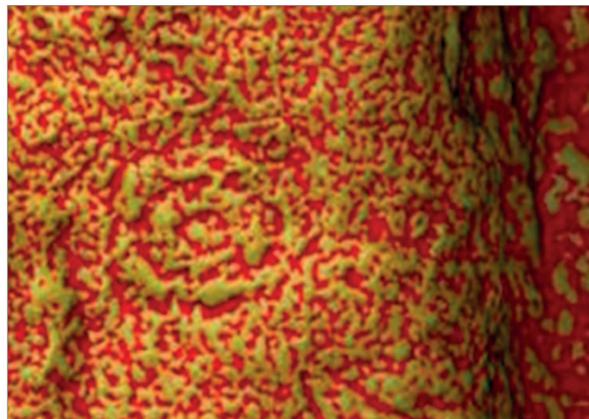
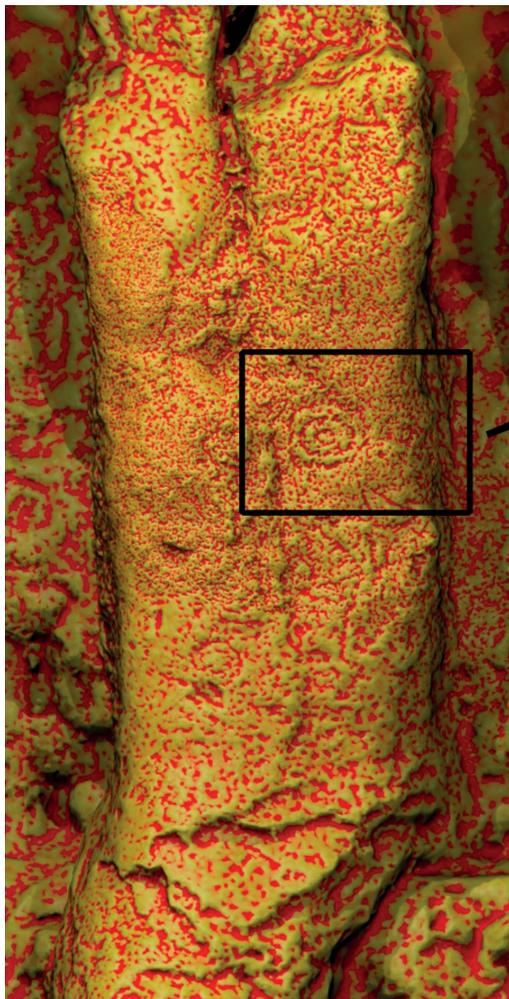
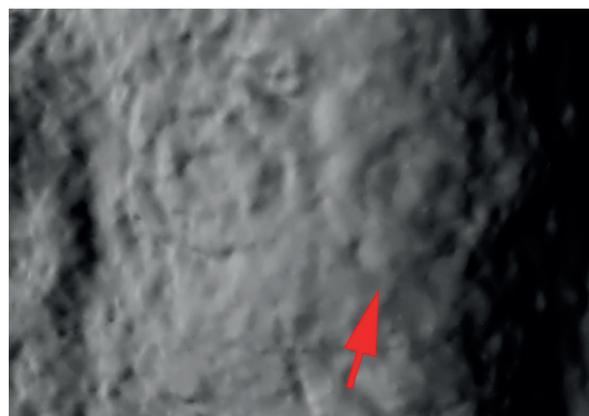


Fig. 7. Cueva del Toril. Vista del tramo de adquisición 4 con el postproceso con Blender aplicado.



Resultado del postproceso en Blender



Análisis de la misma zona mediante un RTI virtual. Se puede observar un segundo círculo apenas visible en la imagen procesada con Blender.

Fig. 8. Cueva del Toril. Comparación entre los resultados obtenidos con Blender y la aplicación de un Virtual RTI.

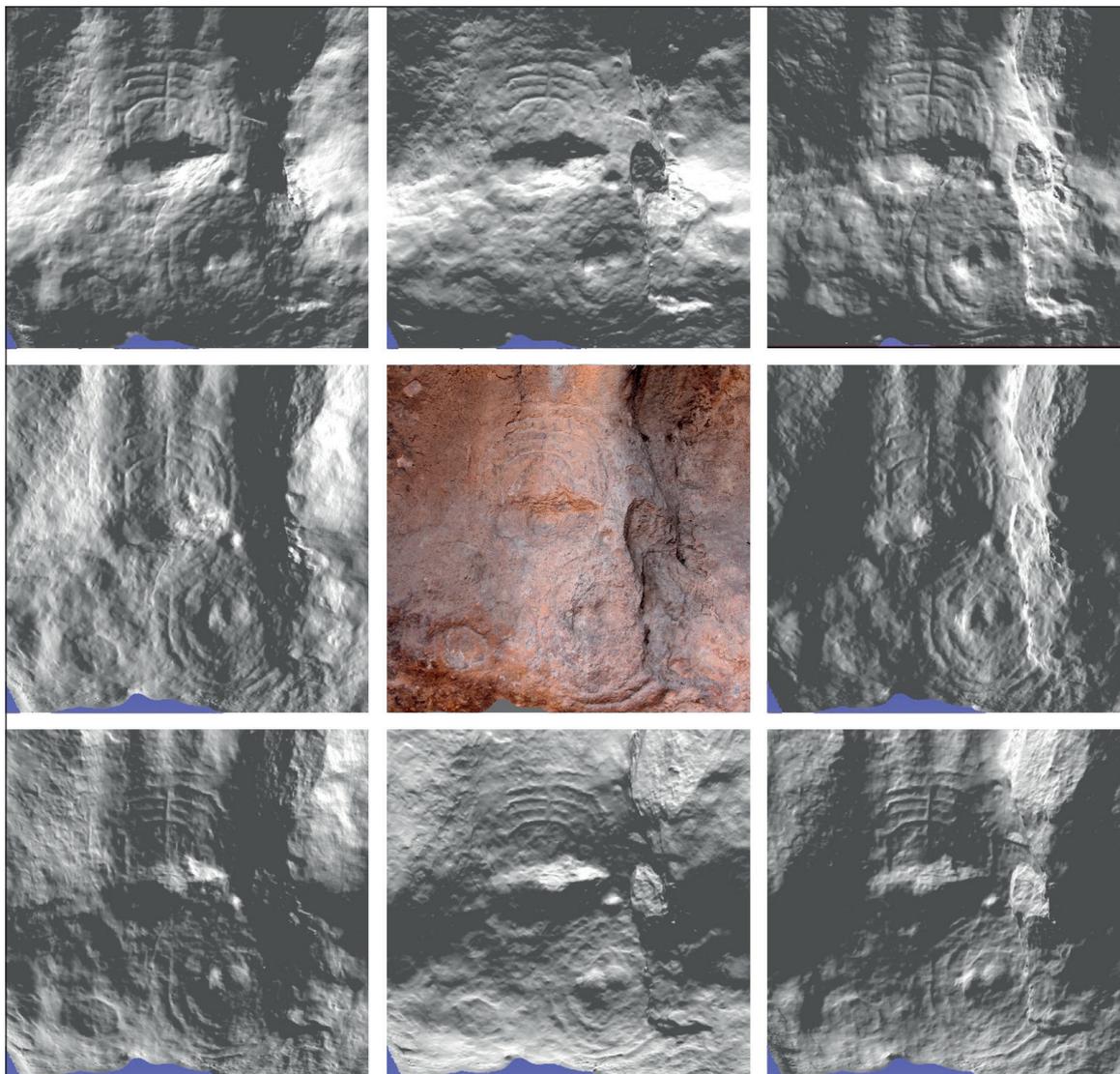


Fig. 9. Aplicación de luces desde diferentes direcciones a la malla del pentasemicírculo del Abrigo del Toril.

hemos detectado² (Fig. 10). En su mayoría se trata de círculos concéntricos, si bien hay determinadas zonas en las que se ha localizado una mayor presencia de signos y líneas incisas que crean diferentes motivos. En la representación³ hemos diferenciado los trazos en función de la técnica con la que fueron realizados, ya que hemos podido docu-

mentar una serie de ellos que parecen haber sido hechos con una herramienta diferente que permitía que el grosor de los mismos fuera menor. Igualmente hemos podido representar una serie de cazoletas por un lado y fracturas antiguas por otro que fueron realizadas sobre el conjunto de petroglifos (Figs. 11-12).

² En principio, se han tenido que descartar por prolijas y complejas algunas formas de representación que pensamos son las idóneas para delinear grabados, como la microtopografía vertical (vid. Fig.10).

³ Los modelos 3D están alojados en el visor tridimensional de *Sketchfab*, en la galería de Francisco Gómez Cabeza. Se accede a ellos a través de los enlaces siguientes: Modelo general: <https://skfb.ly/6rWBO>; Tramo de adquisición 1: <https://skfb.ly/6rUpw>; Tramo de adquisición 2: <https://skfb.ly/6rTZJ>; Tramo de adquisición 3: <https://skfb.ly/6rWEQ>; Tramo de adquisición 4: <https://skfb.ly/6rTQK>; Tramo de adquisición 5: <https://skfb.ly/6rTY9>.

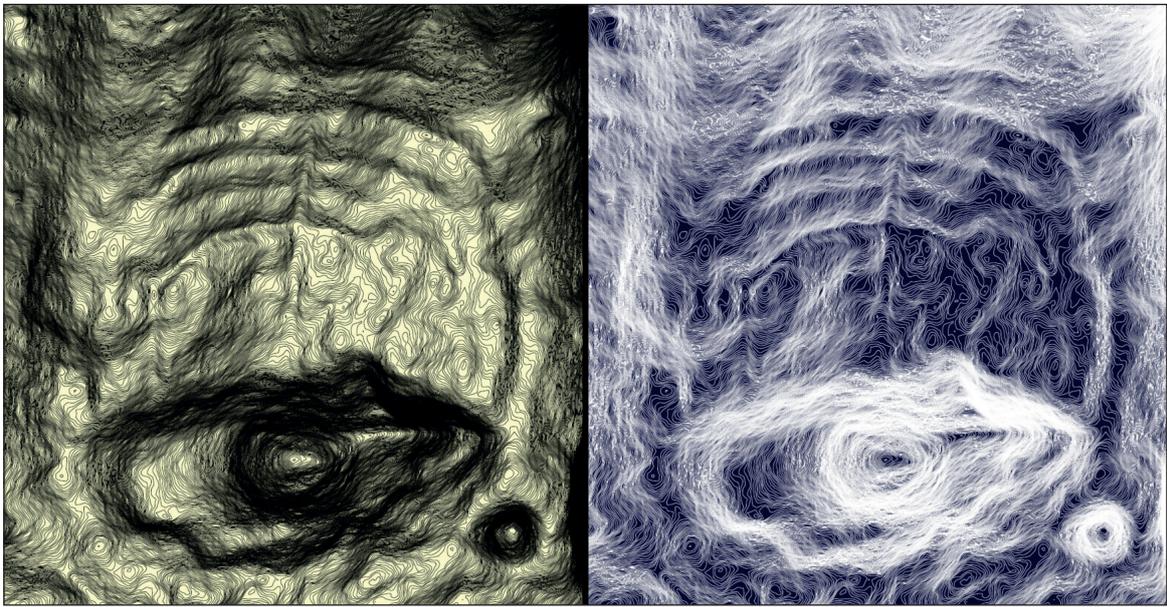


Fig. 10. Cueva del Toril. Microtopografía vertical aplicada al pentasemicírculo. Curvas de nivel cada 3 mm.

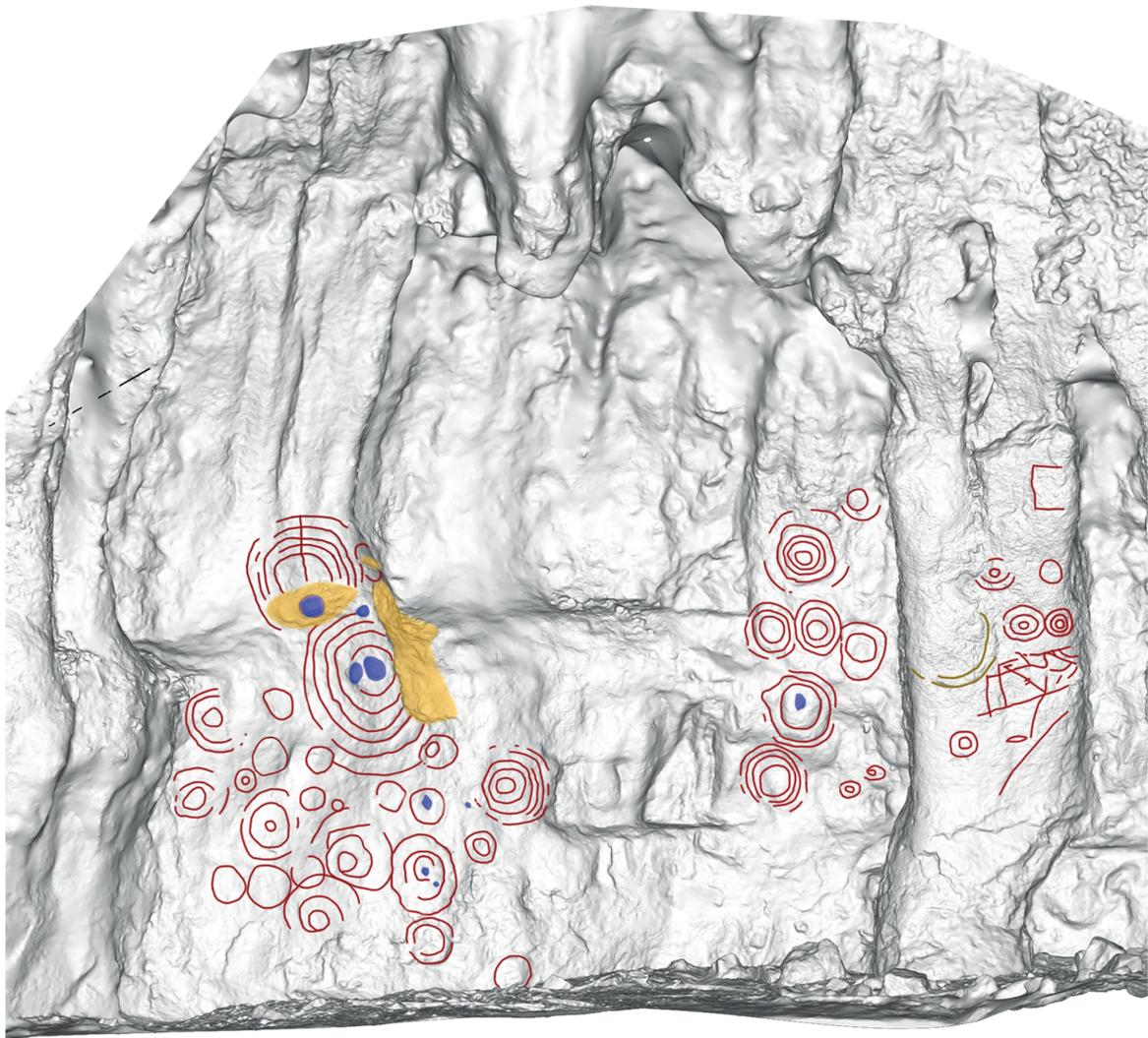
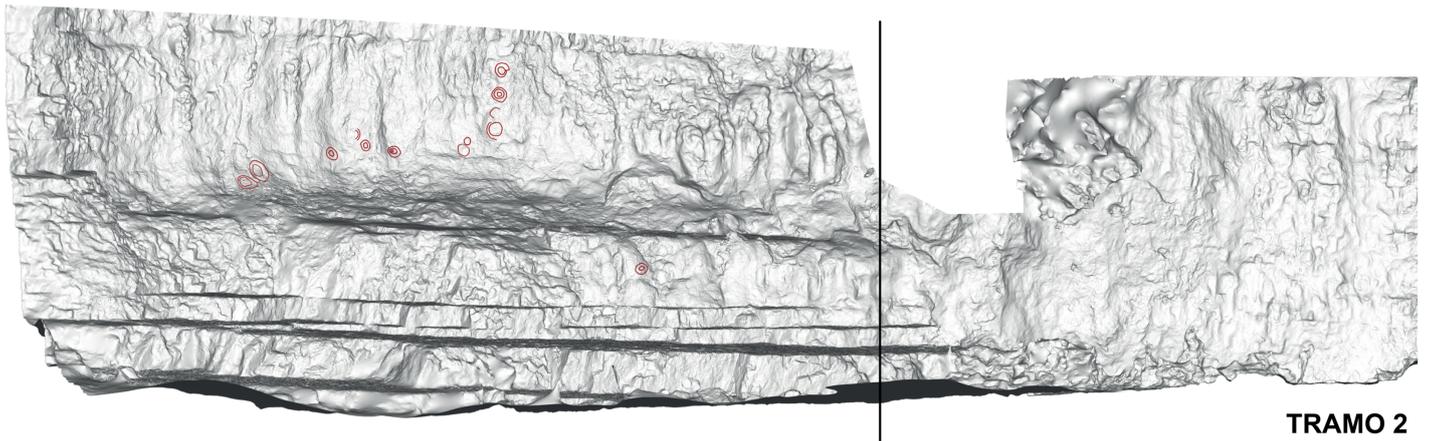
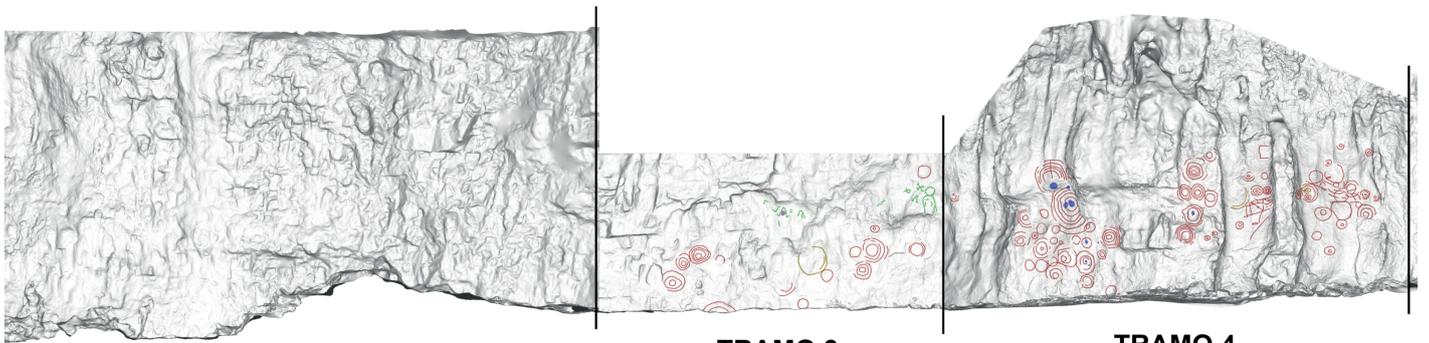


Fig. 11. Cueva del Toril. Representación de los petroglifos, cazoletas y fracturas en el tramo 4.



TRAMO 1

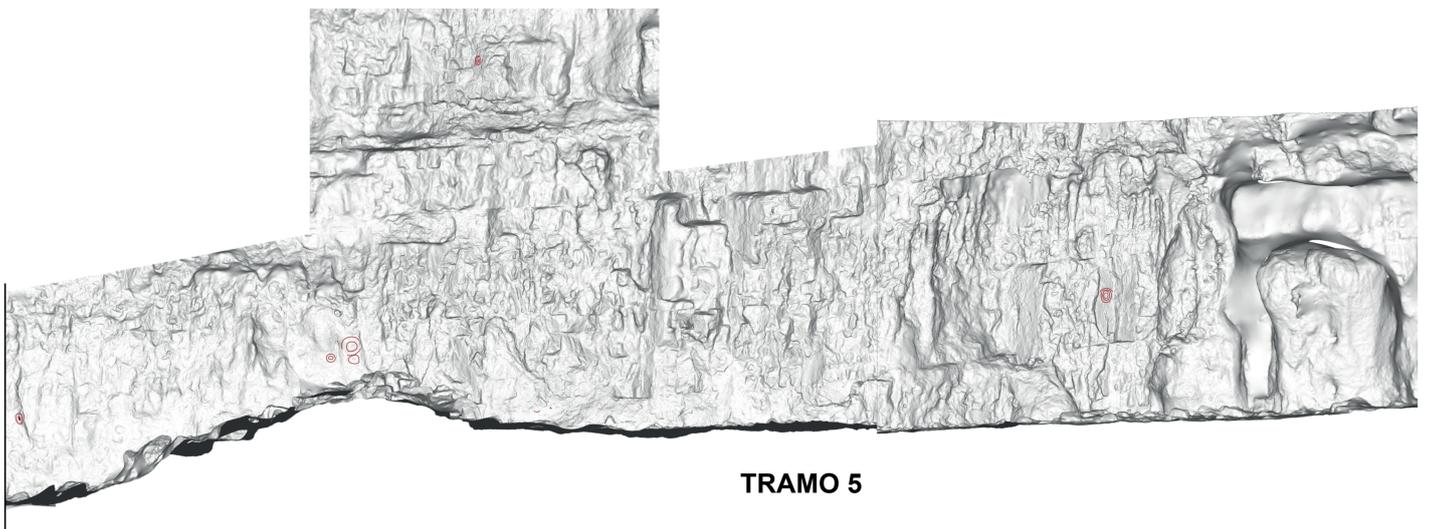
TRAMO 2



TRAMO 2

TRAMO 3

TRAMO 4



TRAMO 5



Fig. 12. Representación final de los grabados presentes en el Abrigo del Toril.

3. POSIBLE FUNCIONALIDAD ASTRONÓMICA DEL CONJUNTO

La posible funcionalidad astronómica del conjunto de grabados rupestres de la Cueva del Toril se planteó a partir del descubrimiento, por parte de uno de los firmantes –Manuel Serrano Araque–, de la correspondencia entre el pentasemicírculo y la sombra proyectada por la cornisa de la propia pared del abrigo en el ocaso del solsticio de invierno de 2014 (Figs. 13-14). Desde entonces se ha venido realizando un seguimiento visual y fotográfico del desplazamiento de las sombras proyectadas en el ocaso sobre los petroglifos del conjunto en y alrededor de distintas fechas singulares del calendario solar. En la Fig. 13 mostramos instantáneas de la distribución de las sombras proyectadas sobre los distintos petroglifos en ambos solsticios y el equinoccio de otoño. Evidentemente, en el equinoccio de primavera el patrón de sombras sería idéntico. En la Fig. 14 podemos distinguir la sombra de la cornisa de la propia pared del abrigo, que siempre se forma en el extremo derecho –sur– del abrigo y la que proyecta la ladera opuesta

del barranco de la Tinaja que se observa en la parte izquierda. En las fotografías de fecha 18/06/2016 y 22/9/2015, la sombra de la ladera opuesta se ve como una masa oscura que parte del suelo y alcanza solo una fracción de la altura de la pared que muestra las fotografías. En nuestro análisis hemos considerado como relevante únicamente la sombra proyectada por la cornisa de la propia pared del abrigo debido a varias razones que pasamos a enumerar:

1. La sombra de la cornisa del abrigo tiene bordes mejor definidos debido a que corresponde a un elemento más cercano a la pared. Esto se puede distinguir perfectamente en la Fig. 13 comparando lo más o menos difusos que son los bordes de las sombras situadas a la izquierda y la derecha de las fotografías.
2. Además de formarse a una mayor distancia, la ladera opuesta del barranco de la Tinaja está cubierta de vegetación, cosa que contribuye adicionalmente a la mayor difusión del borde, aunque también afecta a la forma de la sombra, que cam-

Fig. 13: Ocaso solar en tres fechas singulares del calendario solar sobre el conjunto de petroglifos de la Cueva del Toril. Los petroglifos principales se indican mediante puntos.



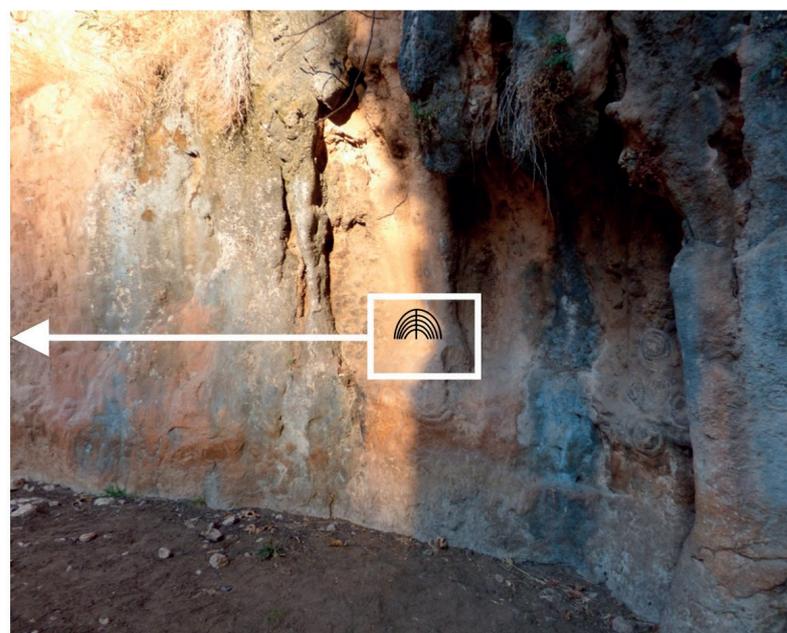


Fig. 14: Vista general del panel que alberga los petroglifos del Toril en el ocaso del solsticio de invierno. La foto inferior izquierda muestra el fenómeno de la sombra sobre el pentasemicírculo.

bia según evolucione el volumen y la disposición del manto vegetal.

3. Debido a su morfología, la cornisa del abrigo proyecta una sombra esencialmente vertical y su posición durante el ocaso varía muy poco en dirección horizontal.
4. Finalmente, la ladera opuesta, al ser un elemento básicamente horizontal, proyecta una sombra cuya posición sobre la pared de los grabados varía muy rápidamente en dirección vertical en el momento de ocaso, lo que la hace poco fiable como marcador.

En resumen, nos centraremos únicamente en la evolución de la sombra proyectada por la cornisa del abrigo debido a la mayor nitidez de su borde y su posición más estable durante el ocaso. Obviamente esto no significa que neguemos la posibilidad de que hubiera existido un marcador basado en la sombra de la ladera, pero es mucho más difícil de probar mediante observaciones en la actualidad. A continuación pasamos a describir las coincidencias que hemos encontrado entre la sombra proyectada por la cornisa del abrigo y algunos de los petroglifos y otros elementos relevantes de la cavidad en momentos singulares del calendario solar.

3.1. SOLSTICIO DE INVIERNO

En la actualidad, la forma de la sombra de la cornisa del extremo occidental del abrigo proyectada sobre el pentasemicírculo en el momento justo del ocaso solar del solsticio de invierno coincide, de forma casi perfecta, con el contorno exterior derecho de este grabado (*vid.* Fig. 14). Como se dijo anteriormente, este fue el hecho que motivó el inicio de nuestro estudio arqueoastronómico del complejo. Pero esta espectacular y sugerente correspondencia no fue siempre así, la posición del Sol en el solsticio de invierno sobre la esfera celeste y, por lo tanto, la posición de la sombra proyectada en relación al petroglifo va cambiando con el tiempo, aunque muy lentamente y de forma casi indistinguible a ojo desnudo en escalas de unos pocos siglos. Este fenómeno se denomina variación de la oblicuidad de la eclíptica (variación del ángulo que forma el plano orbital de la Tierra –eclíptica– y el plano del ecuador terrestre), que es producido por la precesión planetaria debida a la alteración del plano de la eclíptica por efecto de la acción gravitatoria del resto de los planetas del Sistema Solar. Este fenómeno no se debe confundir con el más conocido y denominado precesión⁴ de los equinoccios, que afecta a la posición de las estrellas con el tiempo pero no a la del Sol.

La variación de la oblicuidad de la eclíptica (y por lo tanto la declinación solar en el solsticio de invierno, que tendrá un valor igual a la oblicuidad con signo negativo) en los últimos 10.000 años puede calcularse fácilmente usando el calculador online que se encuentra en la página *web PHP Science Labs*⁵ y cuyo algoritmo resuelve las ecuaciones publicadas en la tabla 8 de Laskar (1986). Hace 4000 años, usando dichas ecuaciones, la declinación del Sol en el solsticio de invierno era $\delta = -23^{\circ}58'$, mientras que en la actualidad es $\delta = -23^{\circ}26'$. Alrededor de 2000 ANE se encontraba exactamente un diámetro solar ($0^{\circ}32'$) al sur de la posición actual. Según la disposición relativa del pentasemicírculo respecto a la sombra (*vid.* Fig. 14), si el Sol se moviera algo más al sur de donde se encuentra actualmente en el solsticio de invierno, el borde de la sombra se desplazaría hacia la

izquierda (norte) de su posición actual. Por lo tanto, en el pasado, cuando se realizó el petroglifo, el borde de la sombra estaría desplazada –para un observador que lo mirara de frente– hacia la izquierda en relación al grabado. Por supuesto, todo este razonamiento es válido siempre y cuando la forma de la cornisa del abrigo que proyecta la sombra se haya mantenido inalterada desde la época de elaboración de los grabados hasta la actualidad, es decir, que la cornisa no haya sufrido modificaciones desde entonces, algo imposible de asegurar.

Realizamos cálculos para estimar la variación temporal de la posición del borde de la sombra en el ocaso del solsticio de invierno en relación a los diferentes elementos del pentasemicírculo. Los datos que utilizamos para el cálculo –que obtuvimos, en parte, de nuestro modelo general del abrigo– son:

- El diámetro del pentasemicírculo: 0,42 m.
- La distancia desde el pentasemicírculo hasta la parte de la cornisa del abrigo que produce la sombra: 37,28 m.
- El ángulo con el que inciden los rayos solares del ocaso del solsticio de invierno sobre el plano de la pared donde se encuentra el pentasemicírculo: 72° , cercano a la perpendicularidad.
- La declinación del Sol en el solsticio de invierno (el valor de la oblicuidad de la eclíptica con signo negativo) en función del tiempo usando las ecuaciones indicadas anteriormente.

Se numeraron las distintas líneas que podemos definir sobre el pentasemicírculo, y calculamos en qué época aproximada coincidía dicha línea con la sombra proyectada, obteniendo los resultados que se muestran en la Fig. 15. La separación entre las distintas líneas es variable, siendo la máxima del orden de 106 mm (entre las líneas 5 y 6 ó 6 y 7) y la promedio del resto alrededor de 26 mm. El surco que define las líneas es obviamente irregular y estimamos un error en la posición del centro de cada línea del orden de 8 mm, lo que, junto con la contribución debido a lo difuso que se

⁴ La precesión de los equinoccios es la variación de la posición de los puntos de intersección de los planos del ecuador y de la eclíptica sobre la esfera celeste. Tiene un periodo de 25.776 años..

⁵ http://www.neoprogrammics.com/obliquity_of_the_ecliptic/

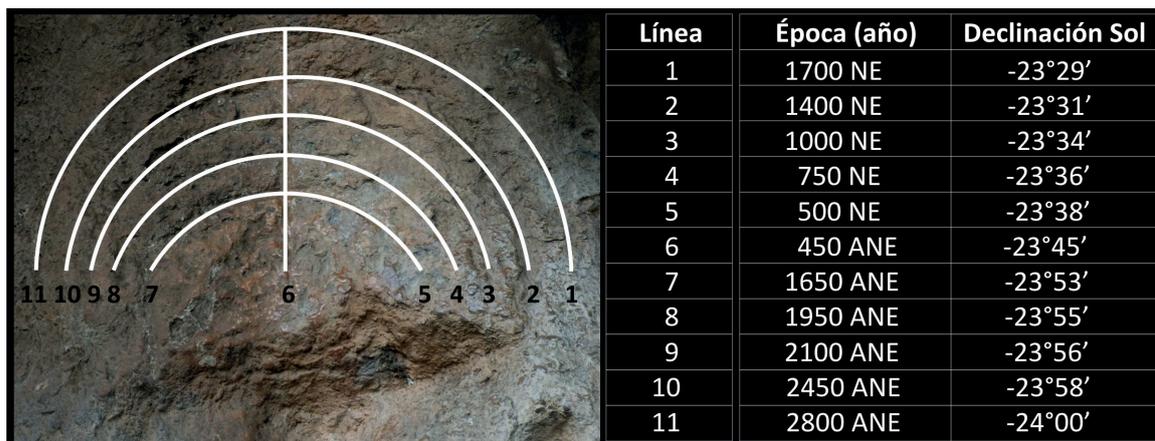


Fig. 15: Pentasemicírculo de la Cueva del Toril con los distintos círculos concéntricos marcados y numerados, con la época y declinación del Sol cuando el borde de la sombra del ocaso solar del solsticio de invierno coincide con cada una de las líneas del pentasemicírculo.

muestra el borde de la sombra debido a que el Sol no es un objeto puntual, proporciona una incertidumbre asociada a cada época del orden de unos 200 años. Como podemos ver en los datos recogidos en la Fig. 15, el borde de la sombra tocaba el extremo izquierdo (norte) del pentasemicírculo alrededor del 2800 ± 200 ANE, una fecha consistente con los vestigios arqueológicos, tal como vimos en la introducción.

Si asumimos el 2800 ± 200 ANE como fecha de ejecución del pentasemicírculo y que el marcar la posición de la sombra durante el ocaso del solsticio de invierno era la motivación de los ejecutores del grabado ¿Cuál sería entonces la utilidad de las distintas líneas marcadas en nuestra Fig. 15? Quizás fuera simbólica o meramente decorativa, aunque también podemos formular una hipótesis de función práctica. Debemos tener en cuenta que, en los días previos o posteriores al solsticio de invierno, la sombra de la cornisa justo antes del ocaso se proyectaría a la derecha de la línea 11, e iría coincidiendo con las distintas líneas definidas en la citada Fig. 15 en diferentes fechas alrededor del solsticio de invierno. La variación diaria de la declinación del Sol alrededor de los solsticios es la más lenta de todo su ciclo anual, por lo que el desplazamiento diario de la sombra es muy pequeño. Por otra parte, el número de días que transcurren entre el paso por una línea a otra contigua (que sobre el grabado son aproximadamente equidistantes excepto la separación entre las líneas 5, 6 y 7)

no es constante. Si consideramos lo que ocurriría los días inmediatamente anteriores al solsticio de invierno en el 2800 ANE, encontramos⁶ que las seis primeras líneas (desde la 1 hasta la 6) se cubrirían en unos tres días, mientras que las cinco restantes (de las 7 a las 11) se recorrerían en 8 días. En particular, desde la 10 a la 11 pasan unos 4 días, pues el Sol parece detenerse cuando se acerca al solsticio. Después del día del solsticio de invierno la secuencia se invertiría, alejándose la sombra lentamente de la línea 11. En total sería durante unos 22 ó 23 días en los que la sombra pasaría sobre el pentasemicírculo antes y después del solsticio de invierno. Alguien que estuviera familiarizado con la observación anual del fenómeno y conociera el número de días que transcurren desde que la sombra coincide con cada una de las líneas y la fecha exacta del solsticio de invierno podría utilizarlo para predecir dicho momento del calendario solar en cualquier año posterior. Si esto fuera conocido por el observador, bastaría comprobar con qué línea coincidía la sombra en alguno de los 11-12 días anteriores al solsticio de invierno para poder predecir su fecha. Este mecanismo, aunque podría parecer redundante por el elevado número de líneas, podría resultar muy útil en el caso de que el cielo estuviera cubierto de nubes durante varios días alrededor del solsticio de invierno. Un periodo de 11 ó 12 días parece suficientemente amplio como para asegurar con bastante probabilidad de que el ocaso estuviera despejado al menos en algún día dentro ese periodo.

⁶ Cálculos realizados con el planetario de código abierto para ordenador Stellarium versión 0.13.3, <http://www.stellarium.org>

Con esta hipótesis sobre la utilidad astronómica del pentasemicírculo conseguimos varios objetivos:

- Una cronología consistente con el contexto arqueológico.
- Que todas las líneas del grabado tengan una utilidad práctica similar.
- Un mecanismo muy simple de predicción de la fecha del solsticio de invierno que solo necesitaría contar un número pequeño de días.

3.2. SOLSTICIO DE VERANO

Alrededor del solsticio de verano es el periodo del año en que la luz del ocaso solar puede alcanzar las partes más internas –más al sur– del abrigo en donde se encuentra el grupo de petroglifos. Es precisamente en esos momentos cuando se ilumina la fuente principal que encontramos en el conjunto y una protuberancia rocosa situada justo en el centro de la zona interior del abrigo (Fig. 16). Esta estructura dispone de varias cazoletas, un grabado en

forma de “U” y diversas señales de manipulación humana situadas en la parte superior de la protuberancia. Podemos ver en la Fig. 16 que, en el ocaso del solsticio de verano, el borde de la mancha de luz solar alcanza justo dicha zona superior, produciendo que nuestra atención de centre justo sobre la protuberancia de una forma muy sugerente. Aunque este hecho no parece tener una utilidad práctica como marcador calendárico preciso –al contrario de lo que encontramos en el pentasemicírculo– podría haberse utilizado como un elemento simbólico en los posibles rituales llevados a cabo en el lugar, quizás relacionados también con el agua.

3.3. EQUINOCIOS

Como podemos ver en las instantáneas tomadas el 22/09/2015, día del equinoccio de otoño y 21/3/2017, equinoccio de primavera (Fig. 17), la línea de sombra de la cornisa del abrigo coincide con el borde derecho –sur– de uno de los petroglifos, lo que parecería indicar que este grabado podría constituir un marcador de los equinoccios. Asumir esta posibilidad en un yacimiento prehistórico plan-

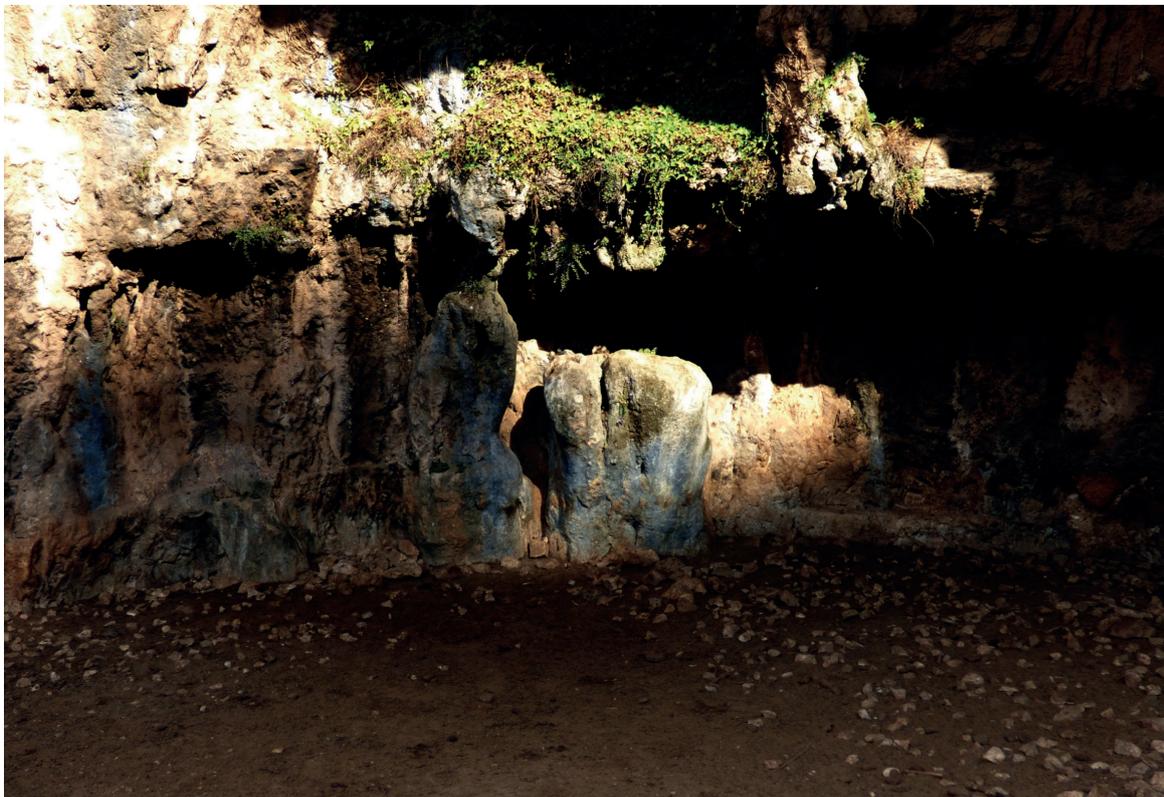


Fig. 16: Cueva del Toril. Luz del ocaso del solsticio de verano iluminando la protuberancia rocosa de la zona central del abrigo y del área de la fuente. 21/06/2015, 17:26 h.



Fig. 17: Cueva del Toril. Imágenes tomadas el 22/9/2017 –equinoccio de otoño– y 21/3/2017 –equinoccio de primavera–. Podemos ver como la sombra de la cornisa del abrigo coincide con el borde derecho –sur– de uno de los petroglifos.

tea una problemática que es necesario discutir. El equinoccio es un concepto geométrico que se define como uno de los dos momentos del año en que el centro del disco solar cruza el ecuador celeste. Se cree que fueron astrónomos griegos o babilonios los que lo descubrieron entre los siglos IV y II ANE, por lo que es extremadamente improbable que este concepto fuera conocido y de alguna utilidad en la época en que se estima fueron realizados los grabados del Toril. Sin embargo, existen otras posibilidades de definir algo similar a los equinoccios que no requieren disponer de un modelo geométrico de la esfera celeste (vid. Ruggles, 1997; González-García y Belmonte, 2006). Una de las definiciones alternativas más verosímiles es la del punto medio temporal entre los solsticios –en adelante PMTS–, también conocido como “equinoccio megalítico”, que fue introducido por Alexander Thom (1967) para explicar los alineamientos hacia fechas cercanas a los equinoccios en los círculos de piedras megalíticas de las islas Británicas. El PMTS corresponde al día que se encuentra justo a mitad del periodo entre los solsticios de verano e invierno, este día no coincide con los equinoccios debido a que la órbita de la Tierra no es circular y su velocidad alrededor del Sol no es constante. El PMTS se produce entre uno o dos días después del equinoccio de primavera o antes del equinoccio de otoño. La declinación del Sol en esa fecha es de entre $+0,3^\circ$ y $+1^\circ$ (vid. Ruggles, 1997), aproximadamente entre uno y dos diámetros solares al norte de la posición exacta del equinoccio. Por lo tanto, establecer la fecha del PMTS requeriría el contar y llevar registro continuado de periodos de alrededor de, al menos, 90

días desde los solsticios y permitiría dividir el año en cuatro partes iguales coincidentes con nuestras estaciones en latitudes intermedias.

No disponemos de observaciones directas en la Cueva del Toril en el ocaso más cercano al PMTS, pero es necesario indicar que la posición solar en ese momento del año no es tan estable como en el solsticio de invierno y por lo tanto, el marcador no puede ser tan preciso como el definido por el pentasemicírculo. Alrededor del equinoccio, la variación diaria de la declinación del centro del disco solar es máxima y de unos $0^\circ 24'$, algo inferior a un diámetro solar. Por lo que la máxima separación temporal en que se puede producir el ocaso más cercano al PMTS (± 12 horas como máximo) nos define el rango de variación posible de la posición del Sol en dicho ocaso, que resulta ser $0^\circ 24'$ aproximadamente, que correspondería con un desplazamiento del borde de la sombra del orden del tamaño típico de los grabados del Toril. Como conclusión, podemos decir que el grabado sobre el que se proyecta la sombra en el ocaso de los equinoccios o el PMTS funcionaría como un marcador aproximado, no preciso, de ese momento del año, aunque necesitaríamos realizar observaciones *in situ* en dichas fechas para comprobar el grado de precisión efectivo.

4. DISCUSIÓN

Habitualmente lugares como la Cueva del Toril han sido considerados por la arqueología como santuarios prehistóricos consagrados a rituales

de adoración a las fuerzas de la naturaleza y la fertilidad, en el marco ideológico de las “primitivas religiones”. El culto al Sol y la presencia de manantiales refuerzan el binomio Sol/agua como base sustentadora de la vida en general, y en particular de las necesidades agrícolas y ganaderas desde el Neolítico.

El viaje del Sol, desde sus posiciones extremas en ambos solsticios, crea un espectacular juego de luces y sombras proyectadas en el momento del ocaso local. Cada posición solar, única e irreplicable hasta el semestre siguiente, excepto cada solsticio, que solo se produce una vez al año, dibuja un fotograma diario en su recorrido por la pared de los grabados. Debido a la precisión del fenómeno de correspondencia de la sombra con el pentasemicírculo, el momento culmen, y razón principal de esta ubicación del calendario, se produciría durante el solsticio de invierno, cuando el sol penetra por el barranco de forma similar a como un “cañón de luz” ilumina el centro de la escena en un teatro. Aparte del uso funcional de la disposición del barranco, los sugerentes efectos de iluminación, cercanos a la hierofanía, no debieron pasar desapercibidos para los fundadores del santuario. Ahí es donde podrían tener cabida las interpretaciones místicas, ideológicas y cosmogónicas de las religiones primitivas.

El solsticio de invierno se ha venido considerando como el hito principal del ciclo anual de la posición de la Tierra con respecto al Sol, los distintos calendarios y cultos solares desde el Neolítico así lo testimonian. El pentasemicírculo, marcándolo, se acepta como significativo, pero hay otros símbolos grabados que habrá que estudiar con más detalle. Por ejemplo, existe un grabado de cuatro círculos concéntricos en la parte más interna del abrigo que marca fechas alrededor del 20 de agosto o el 22 de abril, según la fase ascendente o descendente del Sol (Fig. 18). El solsticio de verano viene determinado por el momento de máxima penetración de los rayos solares en la cueva, iluminando una fuente de agua, el manantial principal (*vid.* Fig. 16). En la fuente existen varias cazoletas, un grabado en “U” y algunos rebajes de la roca en forma de repisa. Y en el momento de los equinoccios, la coincidencia de la sombra con otro grabado podría indicar la fecha aproximada de su llegada, aunque con una precisión mucho menor que la del pentasemicírculo (*vid.* Fig. 17).

En cualquier caso, lugares como este ponen en relación los ciclos de los astros en el cielo con los ciclos de la vida en la tierra y quizá quisieron marcar con los grabados lo inmutable, lo predecible, lo que indefectiblemente volverá a ocurrir. De ahí probablemente también, la obstinación por el círculo de las sociedades eneolíticas, y en este caso por lo



Fig. 18. Grabado interior del Abrigo del Toril los días 22 de abril y 20 de agosto.

petroglifos. Ronald W. B. Morris (1979: 16-28) recogió 104 interpretaciones distintas del significado y la función de los petroglifos británicos, y estimó, según criterios forzosamente subjetivos, su porcentaje de probabilidad. Así opinó que las prácticas funerarias, los fenómenos astronómicos o los ejercicios mágicos eran los significados más probables. Pero también recogió interpretaciones a las que no otorgaba gran credibilidad: escrituras, tableros de juego, relojes, lámparas, recipientes mezcladores, unidades de medidas, vítores, marcas de peregrinación, marcadores de hoguera o de pozos, hitos, mapas, planos de vivienda o de tumbas, mapas del tesoro, diseños de tatuajes, espejos enmangados, anillos de los árboles, o incluso mensajes extraterrestres.

Por su parte, Fernando Alonso (2007: 44-47), cita las interpretaciones más probables, a su juicio, para los círculos concéntricos y las cazoletas:

1. Gotas de lluvia sobre agua, o luna con cerco y nubes alrededor.
2. El más allá o una representación del planetario.
3. La divinidad como disco, rueda o esfera solar.
4. Los escudos apotropaicos.
5. La Luna.

Según P. Bueno Ramírez *et al.* (2010: 219) la relación de los círculos con los “temas solares” es una constante en el arte megalítico europeo. Por tanto la relación de estos grabados con el aparente movimiento del sol era una de las interpretaciones con más apoyos, pero hasta la confirmación de la coincidencia del ocaso del solsticio de invierno con el pentasemicírculo, no podíamos darla como aplicable en la Cueva del Toril.

La importancia del solsticio de invierno en la Prehistoria Reciente del sur peninsular se ha puesto de manifiesto, de forma casi simultánea al presente trabajo, con el hallazgo de marcadores de este evento astronómico en otros yacimientos como la Cueva del Sol (Tarifa, Cádiz) y el impresionante conjunto tumular de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real). La Cueva del Sol es un pequeño abrigo con arte rupestre de pequeñas dimensiones situado en la vertiente noroeste de la Sierra de la Plata, a escasos kilómetros de la costa de Tarifa y con su entrada

orientada a poniente. Versaci Insúa *et al.* (2017) encontraron que, al ocaso del solsticio de invierno, la mancha de luz solar proyectada por la abertura de la cueva adquiere una forma triangular, con una extensión alargada en su punta –en forma de “dedo”– que llega a tocar, justo cuando el Sol está ocultándose por el horizonte, uno de los doce radios que presenta el único motivo soliforme –de un total de 16 pictogramas– del abrigo. Aunque no hay datos directos sobre la cronología del yacimiento, Versaci Insúa *et al.* (2017) lo sitúan en el Calcolítico. Este yacimiento muestra similitudes muy relevantes con nuestro marcador de la Cueva del Toril: coincidencia entre un elemento estructural del símbolo y mancha de luz/sombra y mismo fenómeno astronómico –ocaso del solsticio de invierno–.

Castillejo del Bonete es un monumento realmente complejo, muy diferente a las cuevas del Toril o del Sol. Disponemos de dataciones absolutas que lo sitúan claramente en el Calcolítico-Bronce (2465-1565 cal BC, Benítez de Lugo *et al.*, 2015) por lo que constituye un yacimiento relacionable con el horizonte cronológico más probable del Toril. Consta de un mínimo de dos túmulos, el de mayor tamaño dispone de varios corredores, alguno con más de veinte metros de longitud y se ubica en lo alto de un altozano, sobre una cueva natural que contiene arte rupestre a la que se accede desde su techo. Las evidencias arqueológicas indican que fue un monumento funerario utilizado durante mucho tiempo, dotado con una alta carga simbólica y en el cual se desarrollaron ritos complejos (Benítez de Lugo *et al.*, 2014). Benítez de Lugo y Esteban López (e.p.) encuentran que el yacimiento presenta un marcador del orto solar en el solsticio de invierno muy llamativo y preciso sobre la montaña más conspicua de todo el horizonte que lo rodea, la Peña del Cambrón. Por otra parte, varios de los corredores del monumento se encuentran orientados hacia el orto y ocaso del Sol en el solsticio de invierno.

En este contexto, parece necesario recordar que algunas estructuras megalíticas relevantes de las islas Británicas también presentan orientaciones hacia el orto u ocaso solar en el solsticio de invierno, lo que sugiere que este fenómeno astronómico fue algo de especial importancia en el mundo ritual del Neolítico y la Prehistoria Reciente al menos en distintas partes de Europa. El ejemplo más conocido es el círculo de piedras de Stonehenge (Wiltshire, Reino Unido), cuyas estructuras más imponentes, las piedras Sar-

sen (que se datan alrededor de 2500 ANE) se disponen en forma de herradura con su eje de simetría orientado hacia el orto del solsticio de verano u ocaso del solsticio de invierno⁷ (*vid.* Ruggles, 2015). Esta es la misma orientación que muestra la vía de acceso original al monumento, que se trata de una amplia avenida recta abierta al noreste. A partir de los resultados de las excavaciones realizadas en el yacimiento y en su entorno (Parker Pearson, 2012: 89) sabemos que era en invierno cuando se realizaban grandes festejos multitudinarios en Stonehenge, por lo que el ocaso del solsticio de invierno debió ser el momento clave en el ritual celebrado en el complejo megalítico. Otro yacimiento emblemático es el impresionante sepulcro megalítico de Newgrange (Donore, República de Irlanda), construido entre 3300 y 2900 ANE (O’Kelly, 1982: 123). Su largo corredor presentaba una alineación perfecta hacia el orto solar en el solsticio de invierno en la época de su construcción (Prendergast, 2015), cuya luz iluminaba brevemente la cámara funeraria solo en ese momento del año.

Como vemos hay ejemplos de orientaciones y marcadores del solsticio de invierno muy verosímiles en yacimientos datados desde el final del Neolítico y el Calcolítico tanto en la Península Ibérica como en las islas Británicas, pero existen algunas evidencias de que la importancia ritual de los solsticios podría retrotraerse muchos milenios atrás. Esteban López y Aura Tortosa (2001) encontraron que la zona más profunda de la Cova del Parpalló (Gandía, Valencia), una cueva-santuario paleolítica del periodo Solutrense cuya morfología presenta una gran similitud con la estructura externa de los órganos genitales femeninos, se iluminaba al amanecer del solsticio de invierno. Más recientemente, los resultados de Sims y Otero (2016) parecen apuntar en un sentido similar, pues encuentran que la cueva Praileaitz I (Deba, Guipúzcoa), con una cronología algo más reciente que Parpalló, en el Magdaleniense, y también con una entrada que recuerda a una vulva, se encuentra orientada hacia el orto del solsticio de verano.

La orientación astronómica también parece estar presente en los patrones generales de orientación de los monumentos funerarios megalíticos peninsula-

res datados entre el sexto y el tercer milenio a.C. Los corredores o ejes de simetría de la mayoría de las más de mil estructuras medidas (*vid.* Hoskin, 2001: 213-216; González-García, 2009), especialmente en las áreas meridional y occidental de la Península, apuntan sistemáticamente a una zona relativamente restringida del horizonte oriental, indicando un patrón de orientación persistente en el espacio y el tiempo cuyo objetivo más probable fueron los puntos del orto u ocaso del Sol o la Luna a lo largo del año o en ciertos momentos de especial significación calendárica o ritual (*vid.* Ruggles, 1999: 1-11).

Como vimos en la sección anterior, aparte del solsticio de invierno, varios de los grabados o elementos del Abrigo del Toril podrían haberse utilizado para marcar otras fechas singulares del calendario solar como el solsticio de verano y los equinoccios. Esta posibilidad también se plantea en los casos de la Cueva del Sol y el complejo tumular de Castillejo del Bonete. Versaci Insúa *et al.* (2017), aunque no llevan a cabo observaciones directas en otras fechas aparte del solsticio de invierno, estiman la mancha de luz proyectada por la entrada de la Cueva el Sol podría haber coincidido con varios de los pictogramas más relevantes del conjunto. En particular, el ocaso del solsticio de verano podría proyectar una coincidencia sobre el grupo de símbolos que ocupan el extremo sur de la cueva mientras que en los equinoccios la proyección podría coincidir con uno de los motivos denominados “tatuajes faciales” situados en el centro del conjunto. En el caso de Castillejo del Bonete, Benítez de Lugo y Esteban López (e.p.)⁸ encuentran que mientras dos corredores que parten del túmulo principal parecen estar orientados hacia el orto y ocaso solar en el solsticio de invierno, respectivamente, un tercero lo hace hacia el ocaso en los equinoccios –o el PMTS– y las paredes de un recinto contiguo de paredes paralelas apunta hacia el orto del solsticio de verano. Como vemos, los resultados sugieren que estamos ante lugares adscritos a un horizonte cultural similar en el III-II milenios ANE, que contienen elementos que parecen marcar, de alguna forma, las fechas singulares del calendario solar, solsticios y equinoccios, pero que en todos ellos el solsticio de invierno tendría un claro papel protagonista.

⁷ En un horizonte plano o casi plano, como el que rodea al monumento de Stonehenge, podemos tener una orientación simultánea al orto solar en uno de los solsticios y al ocaso del otro.

⁸ Una primera versión resumida de los resultados se publicaron en Esteban López (2015).

5. EPÍLOGO

Casi todos los firmantes de este artículo tenemos un vínculo personal con este valle, que ha motivado que desarrollemos una labor de investigación, sin apoyo institucional alguno. Parte de ella la dimos a conocer gracias a la *Plataforma por Otíñar y su entorno* y a la asociación *Iniciativas. Andamios para las ideas*, que consiguieron financiación para una conferencia en la Universidad de Jaén y una visita a la cueva, los días 15 y 21 de diciembre de 2016, costeadas por la Diputación Provincial y la Universidad de Jaén.

Esa vinculación personal nos hizo plantearnos la oportunidad de darlo a conocer, pues era correr el riesgo de no poder garantizar su conservación, aunque casi todos los elementos patrimoniales de Otíñar, incluido el Toril, son ya conocidos, el descubrimiento de su relación con el solsticio añadiría un cierto peligro. De hecho, el único símbolo que se encuentra seriamente dañado y, al parecer desde antiguo, es el pentasemicírculo, quizás, quien sabe, si por sus connotaciones paganas. Afortunadamente hemos conseguido, como epifenómeno de la documentación del enclave, una técnica que permite reproducir en 3D y a escala natural cualquier parte de la Cueva del Toril. Así que en parte el miedo se atenúa. Pero sigue ahí, porque las agresiones vandálicas a los bienes patrimoniales de Otíñar y, en general, de toda la provincia no son extrañas. Son ejemplos cercanos de ello el castillo, el dolmen o la Cueva de los Soles.

Este esfuerzo sería más efectivo si se abordase el tratamiento del conjunto de cuevas y abrigos rupestres de la Zona Patrimonial declarada, porque lo que sí sería efectivo parte de una presencia constante y activa de la administración en el lugar. A estos efectos la declaración de la Zona Patrimonial –como la Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía señala– es un primer paso para la creación de un Parque Cultural. Sería esta institución de la Consejería de Cultura la que, de acuerdo con la misma ley, asumiría funciones generales de administración y custodia de la Zona Patrimonial, y desarrollaría programas en materia de investigación, protección, conservación y difusión de la misma. En el marco de esta gestión y con su personal podrían abordarse la conservación de la Cueva del Toril con fiabilidad y eficacia.

AGRADECIMIENTOS

Debemos dar las gracias a Juan Carlos Roldán, presidente de la *Plataforma por Otíñar y su entorno*, quien, prácticamente, nos ha obligado a dar a conocer el fenómeno astral que se producía en la cueva. Igualmente a José Carlos Gutiérrez Expósito, arquitecto técnico que tomó las medidas que necesitábamos para georreferenciar la cueva. La visita al yacimiento de César Esteban López –Instituto de Astrofísica de Canarias– se pudo realizar gracias al proyecto de investigación “*Arqueología del Sol y otros astros*” financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en el marco del Programa Campus de Excelencia Internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L. y ESTEBAN LÓPEZ, C. (e.p.): “Arquitecturas simbólicas orientadas astronómicamente durante el Calcolítico y la Edad del Bronce en el sur de la Meseta”, *Spal*, 27.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L.; ÁLVAREZ GARCÍA, H.J.; FERNÁNDEZ MARTÍN, S.; MATA TRUJILLO, E.; MORALEDA SIERRA, J.; PALOMARES ZUMAJO, N.; ODRIOZOLA LLORET, C.; MORGADO RODRÍGUEZ, A. y SALAZAR GARCÍA, D. C. (2014): “Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real): Un complejo tumular prehistórico de la cultura de las Motillas en el Alto Guadalquivir”, *Menga. Revista de Prehistoria de Andalucía*, 5, pp. 151-173.
- BENÍTEZ DE LUGO ENRICH, L., PALOMARES ZUMAJO, N., FERNÁNDEZ MARTÍN, S., MATA TRUJILLO, E., MENCHÉN HERREROS, G., MONTERO RUIZ, I., MORALEDA SIERRA, J., MORGADO RODRÍGUEZ, A., ÁLVAREZ GARCÍA, H.J., BENITO SÁNCHEZ, ODRIOZOLA LLORET, C., RUIZ-ALONSO, M. y SALAZAR-GARCÍA, D.C. (2015): “Paleoecología y cultura material en el complejo tumular prehistórico de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real): estudio analítico y contexto cultural”, *Menga, Revista de Prehistoria de Andalucía*, 6, pp. 118-147.
- BRADLEY, R. 1997. *Rock Art and the Prehistory of Atlantic Europe, Signing the Land*, Routledge, London
- BUENO RAMIREZ, P.; BALBIN BEHRMANN, R. de; GUTIÉRREZ LÓPEZ, J. M. y ENRÍQUEZ JARÉN, L. (2010): “Hitos visibles del megalitismo gaditano”,

- Cuatrenario y arqueología: homenaje a Francisco Giles Pacheco*, (Mata, E., coord.), Diputación Provincial de Cádiz y Asociación Profesional del Patrimonio Histórico-Arqueológico de Cádiz, Cádiz, pp. 209-228.
- CHICOTE UTIEL, M. y LÓPEZ MURILLO, J. (1973): "Nuevas pinturas rupestres en Jaén". *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 78, pp. 37-102.
- CRIADO BOADO, F. (1999): *Del terreno al espacio: planteamientos y perspectivas para la Arqueología del Paisaje*, CAPA. Cuadernos de Arqueología e Patrimonio, 6, Grupo de Investigación en Arqueología del Paisaje, Santiago de Compostela.
- DÍAZ-GUARDAMINO URIBE, M. Y WHEATLEY, D. W. (2013): "Rock Art an Digital Technologies: the Application of Reflectance Transformation Imaging (RTI) and 3D Laser Scanning to the Study of late Bronze Age Iberian Stelae". *Menga: Revista de prehistoria de Andalucía*, 4, pp. 187-203.
- DURAND, G. (1982): *Las estructuras antropológicas de lo imaginario*. Taurus, Madrid
- EARL, G; BEALE, G; MARTÍNEZ, K. y PAGI, H (2010): "Polynomial Texture and Related Imaging Technologies for the Recording, Analysis and Presentation of Archaeological Materials", *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 38, pp. 218-223.
- ELIADE, M. (2001): *El mito del eterno retorno. Arquetipos y repetición*. Emecé, Buenos Aires
- ESLAVA GALÁN, J. (1983): "Los grabados rupestres de Otiñar (Jaén)", *Boletín de la Asociación Española de Amigos de Arqueología*, 18, pp. 15-18.
- ESTEBAN LÓPEZ, C. (2015): "Astros y mundo funerario en el Bronce de La Mancha", *Arqueología, Hidrogeología y Medio Ambiente en la Edad del Bronce de La Mancha: la Cultura de las Motillas*, (Mejías Moreno, M.; Benítez de Lugo, L.; López-Sáez, J. A. y Esteban López, C., eds.), Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 83-93.
- ESTEBAN LÓPEZ, C. y E. AURA TORTOSA (2001): "The Winter Sun in a Palaeolithic Cave: la Cova del Parpalló", *Astronomy, Cosmology and Landscape*, (Ruggles, C. L. N.; Prendergast, F. y Ray, T., eds.), Ocarina Books, Bognor Regis, pp. 8-14.
- GALERA ANDREU, P. A. (1985): *Catálogo monumental de la ciudad de Jaén y su término*, Instituto de Estudios Giennenses, Jaén.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, A. C. (2009): "Statistical Analysis of Iberian Peninsula Megaliths Orientations", *Cosmology Across Cultures*, (Rubiño-Martín, J. A.; Belmonte, J. A.; Prada, F. y Alberdi, A., eds.), ASP Conference Series, 409, pp. 354-358.
- GONZÁLEZ GARCÍA, A. C. y BELMONTE, J. A. (2006): "Which Equinox?", *Archaeoastronomy. The Journal of Astronomy in Culture*, 20, pp. 95-105.
- HORNOS MATA, F.; CASTRO LÓPEZ, M. y ZAFRA DE LA TORRE, N. (1999): "El registro arqueológico en los estudios integrados: su función en el Proyecto Otiñar", *II Congreso de Arqueología Peninsular* (Zamora, 24-27 septiembre 1996), vol. III, (Bueno Ramírez, P. y Balbín Behrmann, R. de, coords.), Fundación Rei Afonso Henriques, Zamora, pp. 585-594
- HOSKIN, M. (2001): *Tombs, Temples and their Orientations*, Ocarina Books, Bognor Regis.
- LASKAR, J. (1986): "Secular Terms of Classical Planetary Theories Using the Results of General Theory", *Astronomy and Astrophysics*, 157, pp. 59-70.
- MORRIS, R. W. B. (1979): *The Prehistoric Rock Art of Galloway and the Isle of Man*. Blandford Press, Poole.
- O'KELLY, M. J. (1982): *Newgrange: Archaeology, Art and Legend*, Thames y Hudson, Londres.
- PARKER PEARSON, M. (2012): *Stonehenge: Exploring the Greatest Stone Age Mystery*. Simon and Schuster, Londres - Nueva York.
- PIRES, H.; FONTE, J.; GONÇALVES-SECO, L.; CORREIA, M.J.; SOUSA, O. (2014): "Morphological Residual Model. A Tool for Enhancing Epigraphic Readings of Highly Eroded Surfaces", *Information Technologies for Epigraphy and Cultural Heritage. Proceedings of the First EAGLE International Conference*, (Orlandi, S.; Santucci, R.; Casarosa, V. y Liuzzo, P. M., eds.), Sapienza Università Editrice, Roma, pp. 133-144
- PRENDERGAST, F. (2015): "Boyne Valley Tombs", *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, (Ruggles, C. L. N., ed.), Springer, Nueva York, pp. 1263-1276.

- RUGGLES, C. L. N. (1997): "Whose equinox?", *Archaeoastronomy (Supplement to the Journal for the History of Astronomy)*, 22, pp. 45-49.
- RUGGLES, C. L. N. (1999): *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland*, Yale University Press, New Haven – Londres.
- RUGGLES, C. L. N. (2015): "Stonehenge and its Landscape", *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, (Ruggles, C. L. N., ed.), Springer, Nueva York, pp. 1223-1238.
- SIMS, L. y OTERO, X. (2016): "Praileaitz I: a Magdalenian Lunar-Solar Cave at 15,500 BP in the Basque Country", *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16(4), pp. 275-282.
- SORIA LERMA, M. (1980): *La pintura rupestre en el Subbético Giennense*, Memoria de licenciatura (inérita), Departamento de Prehistoria, Universidad de Granada, Granada.
- SORIA LERMA, M. y LÓPEZ PAYER, M.G. (1989): *El arte rupestre en el sureste de la Península Ibérica*, ed. autores, La Carolina.
- THOM, A. (1967): *Megalithic Sites in Britain*, Oxford University Press, Oxford.
- VÁZQUEZ MARTÍNEZ, A.; VILAS ESTÉVEZ, B.; CARRERO PAZOS, M. (2015a): "Sobre as técnicas de reprodución dos gravados rupestres galaicos ao aire libre". *Férvedes*, 8, pp. 17-24.
- VÁZQUEZ MARTÍNEZ, A.; VILAS, ESTÉVEZ, B.; CARRERO PAZOS, M. y KOTOULA, E. (2015b): "New Techniques for Rock Art Recording: Comparative Analysis of Radiance Scaling and Virtual RTI", poster en *International Congress. Lights On, Cultural Heritage and Museums* (Oporto, enero 2015).
- VERSACI UNSÚA, M.; GONZÁLEZ MARTÍNEZ-PAÍS, I.; LAZARICH, M.; TORRES ABRIL, F.; CARRERAS EGAÑA, A.; GALINDO DEL POZO, M. y PARDO DEL DONLEBÚS, S. (2017): "La Cueva del Sol, un marcador solar en la sierra de la Plata (Tarifa, Cádiz)", *Spal*, 26, pp. 295-310.
- ZAFRA DE LA TORRE, N. (1999): "El patrimonio arqueológico como recurso socio-económico: El proyecto Otiñar", *Sumuntán: Anuario de estudios sobre Sierra Mágina*, 11, pp. 13-33
- ZAFRA DE LA TORRE, N. (2006): *De los campamentos nómadas a las aldeas campesinas. La provincia de Jaén en la Prehistoria*, Universidad de Jaén, Jaén.