



Academia de Ciencias de la República Dominicana, (ACRD)

En defensa de la libertad de pensamiento y la verdad científica

Asesora honorífica del Poder Ejecutivo y del Senado de la República Dominicana

Fundada el 20 de diciembre de 1974, incorporada mediante el Decreto 1097 del 8 de julio de 1975.

Es una institución de carácter científico, no-gubernamental, apartidista, sin fines de lucro, dedicada a promover las investigaciones científicas, los avances y la innovación tecnológica, así mismo, impulsa el conocimiento de todas las ciencias en general para propiciar un desarrollo social sostenible de nuestro país.

ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

- Cuenta con una membresía de 164 académicos activos, con las categorías de Miembros Fundadores, de Número y Correspondientes.
- Está dirigida por un Consejo Directivo, conformado por nueve miembros titulares y ocho suplentes.
- La Asamblea General es el máximo organismo de dirección institucional, y la conforman la totalidad de sus miembros activos.
- Un Consejo Superior Consultivo integrado por trece miembros titulares y cuatro suplentes.

La Academia cuenta con doce comisiones y tres subcomisiones:

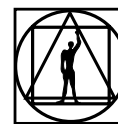
- | | |
|---------------------------------------|---|
| – Ciencias Básicas y Tecnología | – Ciencias Jurídica y Política |
| – Ciencias Naturales y Medio Ambiente | – Ciencias Sociales |
| – Ciencias de la Salud | – Filosofía y Epistemología |
| – Economía | – Ética |
| – Asuntos Internacionales | – Nuevos Ingresos y Otorgamiento de Honores |
| – Lingüística y Literatura | Subcomisiones: Salud Mental, |
| – Educación | Lingüística y Literatura |

Pertenece a reconocidas instituciones de prestigio nacional e internacional:

- | | |
|---|---|
| – Consejo de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (CONESCYT) | – Comité Nacional de la UNESCO |
| – Comité Nacional de la UNESCO | – Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS) |
| – Comité Nacional de Energía (CNE) | – Comunidad Científica del Gran Caribe (CCC) |
| – Asociación Dominicana para el Estudio y Acreditación de Universidades (ADAAC) | – Consejo Internacional de Ciencias (ICSU) |
| – Academias de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS) | – Panel Internacional de Academias (IAP) |

Trabaja para crear de una cultura científica y de investigación en la República Dominicana, en defensa del Patrimonio Nacional, la institucionalidad, la conservación de los recursos naturales y el ambiente.

Calle Las Damas #112, Esq. El Conde, Ciudad Colonial, Santo Domingo, República Dominicana
www.academiadecienciasrd.org • acrd@academiadecienciasrd.org
Tels.: 809-687-6315 • 809-687-6006



SOCIALES

REVISTA DE LA COMISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES
ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA
Nº 9 • 2020

SOCIALES es una publicación anual de la Academia de Ciencias de la República Dominicana, que tiene por misión la divulgación de investigación de las ciencias sociales sobre nuestro país y la aplicación de las mismas. Las ciencias sociales abarcan la geografía, la antropología y arqueología, la historia, la sociología, la ciencia política, la economía, la psicología y otras disciplinas afines.

Para entrega de manuscritos, pedidos e información general dirigirse al correo electrónico: sociales@academiadecienciasrd.org

La revista SOCIALES está disponible en nuestra página web
<http://www.academiadecienciasrd.org/publicaciones/revistas>

CONSEJO EDITORIAL

Presidente Luis Scheker Ortiz

Miembros

José G. Guerrero
Carlos Andújar Persinal
Roberto Cassá
Martha Ellen Davis

DIRECTOR Adolfo José López Belando

Diseño de portada Adolfo López e Yris Cuevas

Diagramación Yris Cuevas

Secretaria Comisión Altacelia Pérez

Impresión Editora Búho, S.R.L.

COORDINADOR DE LA COMISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES

Lic. Adolfo José López Belando

COPYRIGHT © 2020
ISSN 2220-1033

FOTO DE LA PORTADA: *Cueva de José María,*
Parque Nacional de Cotubanamá
Foto: Adolfo López

COMISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES

Miembros de Número

Adolfo López Belando (Arqueología)
Andrea Brechelt (Sociología)
Armando Hoepelman (Filosofía)
Carlos Andújar Persinal (Sociología)
Ciriaco Landolfi (Historia, Ciencias Políticas)
Dagoberto Tejeda (Sociología)
Danilo Clime (Sociología)
Danilo De los Santos Sánchez (Historia, Arte)
Darío Tejeda (Sociología)
Fernando A. Pérez Memén (Historia)
Francisco A. Avelino García (Historia)
Frank Báez Evertsz(†) (Sociología)
Frank Moya Pons (Historia)
Jorge Ulloa Hung (Arqueología)
José Chez Checo (Historia)
José G. Guerrero (Historia)
José Luis Sáez, S.J. (Historia)
Juan Daniel Balcácer (Historia)
Karin Weyland (Sociología)
Lusitania Martínez (Filosofía, Sociología)
Manuel Cocco (Sociología)
Manuel García Arévalo (Arqueología)
Marcio Veloz Maggiolo (Arqueología)
Martha Ellen Davis (Antropología)
Max Puig (Sociología)
Nelson Moreno Ceballos(†) (Medicina, Sociología)
Rafael Emilio Yunén (Geografía)
Roberto Cassá (Historia)
Rubén Silié (Historia)
Walter Cordero (Sociología)

Miembro Correspondiente

Paul Austerlitz

- Veloz Maggiolo, M (2018). *La Navidad: Memorias de un naufragio* (Maestros de la novela histórica n° 35), Santo Domingo: Ediciones Lacre.
- Veloz Maggiolo, M.; Ortega, E. y Plinio Pina (1974). *El Caimito, un antiguo complejo ceramista de las Antillas Mayores*. Santo Domingo: Fundación García Arévalo.
- Veloz Maggiolo, M.; Vargas, I; Sanoja Obediente, M. y Fernando Luna Calderón (1976). *Arqueología de Yuma*. Santo Domingo: Editorial Taller.
- Veloz Maggiolo, M.; Ortega, E. & Ángel Caba Fuentes (1981). *Los Modos de Vida Mellacoides*. Santo Domingo: Editora Taller.
- Veloz Maggiolo, M. & Ortega, E. (1995). Punta Cana y el origen de la agricultura en la Isla de Santo Domingo En *Ponencias del primer seminario de arqueología del Caribe*. Santo Domingo: Editado por Marcio Veloz Maggiolo y Ángel Caba Fuentes.
- Veloz Maggiolo, M. & Zanin, D. (1999). *Historia arte y cultura en las Antillas precolombinas*. Santo Domingo: Editora Universitaria.

ESTUDIO FOTOGRAMÉTRICO Y MODELACIÓN 3D DE LA CUEVA DE JOSÉ MARÍA, TEMPLO ABORIGEN DEL PARQUE NACIONAL COTUBANAMÁ, EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

ESTEBAN GRAU QUEVEDO GONZÁLEZ,
*Investigador, Fundación Antonio Núñez Jiménez
de la Naturaleza y el Hombre, Cuba.*

RACSO FERNÁNDEZ ORTEGA,
*Investigador, Colegio Universitario San Gerónimo de
La Habana y Unión de Escritores y Artistas de Cuba.*

ADOLFO JOSÉ LÓPEZ BELANDO
*arqueólogo, miembro de la Comisión de Ciencias Sociales
de la Academia de Ciencias, República Dominicana
en Investigador Asociado al Museo del Hombre Dominicano*



Resumen: La cueva José María se encuentra en el Parque Nacional Cotubanamá, en la República Dominicana. Esta estación rupestre, por las numerosas imágenes que posee y la excepcionalidad de las mismas es considerada un relevante santuario de los grupos humanos que poblaron el Caribe insular en el siglo XV. Se realiza el recuento de las investigaciones desarrolladas en la espelunca desde su descubrimiento en 1979 hasta la actualidad. Se explica en detalles el procedimiento utilizado para realizar la modelación fotogramétrica tridimensional de la totalidad de los paneles o murales pictográficos presentes en las galerías y salones de la cueva de José María, lo cual representa el 83% de la gruta, ejecutado por el proyecto *Estudio fotogramétrico de la morfología de la cueva de José María y del arte rupestre que contiene para la modelación 3D del sitio rupestre*. Este modelo facilitará el recorrido virtual por la caverna, sin tener que caminar 5 km de terreno abrupto para llegar a ella, desde la entrada hasta los rincones más apartados y recónditos en los que existen expresiones patrimoniales pintadas. Además se evalúan los fechados absolutos obtenidos de muestras de pigmentos por un equipo de la Universidad de Indiana de los E.E.U.U y se comentan la toma de muestras practicadas por la expedición.

Palabras claves: Fotogrametría, modelación 3D, fechados absolutos, cueva José María, República Dominicana.

Introducción

El arte rupestre es una manifestación cultural de connotación ideológica que ha trascendido el tiempo en aquellos espacios, generalmente sacros, en los que fueron ejecutados por los grupos originarios que poblaron las islas del mar Caribe.

Ya hacia 1598 Fray Ramón Pané, nos apuntaba en su *Relación a Cerca de las Antigüedades de los Indios*:

“Y también dicen que el sol y la luna salieron de una cueva, que está en el país de un cacique llamado Mautiatihuel, la cual cueva se llama Iguanaboina, y ellos la tienen en mucha estimación, y la tienen toda pintada a su modo, sin figura alguna, con muchos follajes y cosas semejantes” (Arrom, 1990).

La cueva de José María se localiza dentro del Parque Nacional Cotubanamá (antes denominado Parque Nacional del Este), en la República Dominicana; está considerada como una de las cuevas con arte rupestre más importante de América, dado que contiene numerosas figuras pintadas y grabadas que la convierten entre las más reconocidas del área por su alta calidad, sus dimensiones, así como por su significación y factura.

El arte rupestre plasmado en las paredes de las oscuras galerías de la cueva tiene una enorme fragilidad, debido a las características de los pigmentos con los que fue realizado y a las condiciones microclimáticas de la caverna; considerando sus características particulares es que resulta una prioridad fundamental conservar este importante recurso cultural para las generaciones futuras.

Con el objetivo de preservar el arte rupestre de la caverna, durante el XXVIII Congreso de la Asociación Internacional de Arqueólogos del Caribe, efectuado entre los días 21 y 25 de julio de 2029 en la ciudad de Bridgetown, capital de Barbados, se reunieron los autores del presente artículo para analizar las posibilidades reales de efectuar el estudio fotogramétrico de la cueva y su posterior modelación en 3D.

Fue en los marcos de este encuentro que se planteó la elaboración y ejecución de un proyecto que permitiera contar con una fuente documental imperecedera del dibujo rupestre y la morfología física de la cueva. A tales efectos la Academia de Ciencias de la República Dominicana, solicitó los permisos correspondientes al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para la ejecución en la cueva de José María, del modelo 3D, concedido a finales del mes de agosto de 2009, y la toma de muestras de pigmentos de las pictografías que fue concedido en la segunda quincena del mes de noviembre del año 2019.

Las acciones se ejecutaron durante quince días para garantizar la conservación del bien patrimonial y la información que nos provee el arte rupestre de esta maravillosa cueva, frente a posibles alteraciones físicas del medio ambiente cavernario a consecuencias del cambio climático. En este sentido el modelo fotogramétrico en 3D realizado, permite que sin necesidad de penetrar en la espelunca, un investigador en cualquier parte del mundo tenga acceso a conocer en detalle la estación rupestre, posibilitando una importante variedad de estudios científicos sin afectar en modo alguno la cavidad natural y el tesoro máspreciado que ha resguardado por centurias.

Ubicación geográfica

La cueva de José María se encuentra en una parte remota a la que solo se tiene acceso a pie en los llanos costeros del Caribe, de la provincia de Altagracia. Se sitúa a unos cinco kilómetros del mar y aproximadamente a seis kilómetros al sureste de la Estación de Guardaparques Guaraguo en el extremo NE del Parque Nacional Cotubanamá en Bayahibe (Figura 1). Su desarrollo longitudinal es de trescientos cuarenta y ocho metros, y su profundidad máxima de quince metros.

El área está localizada en la Formación Geológica Qca, típica de la costa Sur y Este, en este sentido, el territorio está totalmente desprovisto de cauces superficiales como consecuencia de su formación geológica donde predominan las calizas arrecifales costera, con un elevado grado de carstificación. Por su parte las precipitaciones medias anuales son del orden de los 1200 mm (Herrera-Moreno et al. 2014).

En la Llanura Costera del Caribe los suelos se han formado a expensas de materiales calizos arrecifales que han originado suelos rojos, latosólicos y poco profundos. Esta zona se caracteriza por presentar un bosque latifoliado húmedo costero con una regeneración avanzada de porte bajo por desarrollarse sobre sustrato calizo con escasa materia orgánica, por lo que son abundantes las especies de cactáceas y otras de hojas coriáceas y pequeñas. Son comunes en este bosque los árboles emergentes que alcanzan hasta 12 m y más, pero en sentido general, el estrato más alto no sobre pasa los 7 a 9 m (Herrera-Moreno et al. 2014).

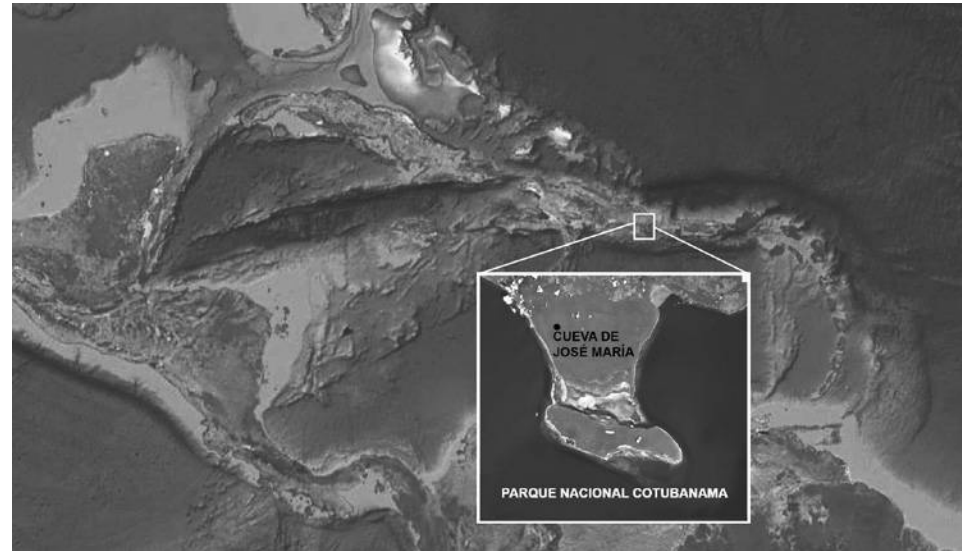


Fig. 1. Ubicación geográfica de la cueva de José María, Parque Nacional Cotubanamá, República Dominicana.

Este el territorio aledaño al Parque Nacional, ha sido antropizado tierra adentro, con extensiones dedicadas a labranzas agrícolas y obras viales, mientras que hacia la costa se ha priorizado el desarrollo urbano y turístico, centrado en Bayahibe y Dominicus con aprovechamiento de las playas. Sin embargo el área protegida, creada en 1975 donde se encuentra la cueva de José María, se ha mantenido sin alteraciones antrópicas gracias a la vigilancia y el control del estado dominicano.

Antecedentes

Investigaciones realizadas

La cueva de José María, también denominada cueva de Narciso Alberti Bosch, fue descubierta en 1979 durante una expedición de exploración de la Sociedad de Espeleología Dominicana, en el que era en aquel momento el recientemente creado Parque Nacional del Este. Al año siguiente, el 12 de abril de 1980, Félix Serbio Doucudray publicó un artículo en el periódico El Caribe titulado *La Capilla Sixtina del Arte Antillano* donde, al respecto del descubrimiento de la caverna, se recogen las siguientes palabras:

“El año anterior (1979) habían dado con ella (la cueva de José María) el Doctor Abelardo Jiménez y Dato Pagán en una excursión exploratoria que había organizado la Sociedad de Espeleología y que inesperadamente, dicho sea al pie de la letra, desembocó en esa caverna, desconocida y virgen hasta entonces. Habían entrado al bosque, esa vez, por el extremo opuesto por el valle de la Horqueta, (la entrada habitual a la zona era por el sitio de Guaragua, a la orilla del mar, en Bayahibe) buscando a ver que había. Ni Marrero, que era guía, ni el otro, Juan María Guerrero, como tampoco los mochileros Felipe Soriano y Manuel Grulla, lugareños en esos rumbos, la habían visto ni habían siquiera oído hablar de ella” (Doucudray, 1980).

Los que descubrieron de la cueva se refirieron a ella con el nombre de la persona que tenía un conuco a poca distancia de la misma; un campesino llamado José María de quien desconocemos el apellido. Este sistema de denominar a las cavernas es común en los campos dominicanos; en muchas ocasiones se las conoce con el nombre del propietario u ocupante de la tierra donde se localizan. Posteriormente decidieron nombrarla como cueva Narciso Alberti Boch, aunque debido a la escasa difusión del descubrimiento, en aquel momento, los lugareños y guardaparques siguieron refiriéndola como la cueva de José María, y por ello hoy cuenta con estas dos denominaciones. Narciso Alberti Boch fue un médico hispano dominicano que publicó *Apuntes a la Prehistoria de Quisqueya* en 1912, el primer libro en que se trata de manera científica al arte rupestre presente en la República Dominicana.

Tras el descubrimiento de la cueva, hubo que esperar veinticuatro años para que se le realizase un estudio científico en 1993, cuando bajo dentro del proyecto *Uso Público, Protección y Recuperación de Vida Silvestre del Parque Nacional del Este*, realizado por la Agencia Española de Cooperación Internacional, el arqueólogo Adolfo José López Belando, realizó un estudio completo del arte rupestre contabilizando unas mil ciento veinticinco (1.125) pinturas y petroglifos y además, se realizó una topografía exhaustiva de la caverna que fueron incorporados a la memoria técnica del proyecto (López, 1993).

Durante la investigación se constató la presencia de diferentes pintores que trabajaron en la espelunca a lo largo del tiempo, se identificaron una serie de paneles que representan escenas de la mitología del pueblo prehispánico y un sistema jeroglífico de comunicación realizado a base de alineaciones de ideogramas que se repiten insistentemente en esta y otras estaciones donde se observa el mismo estilo pictográfico (López, 1993).

En el año 2001, el Parque Nacional del Este es integrado a la Lista Tentativa de Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura (UNESCO); uno de los elementos fundamentales que permitía su inclusión, además de los recursos naturales del parque, era la cueva de José María, en base a su espectacular patrimonio rupestre. Pese a la tramitación del expediente de declaratoria en 2004, este quedó en suspenso hasta 2019 que se actualizó la Lista Tentativa, continuando pendiente hasta el presente la declaratoria como Patrimonio Mundial; para esa misma fecha la cueva también se integró a la Lista Indicativa como parte de la declaratoria del Arte Rupestre de la República Dominicana como Patrimonio Mundial de la UNESCO.

Hacia el 2003 se realiza una nueva investigación en la cueva de José María con el fin de actualizar la información existente en el expediente del Parque Nacional del Este para la declaratoria de Patrimonio Mundial. Para ese entonces se realiza una nueva cartografía espeleológica de la caverna (Figura 2), se identifican nuevas pictografías y petroglifos para acumular la cantidad de más de 1.200 representaciones, las conclusiones de estos trabajos se publicaron en el libro *El Arte en la Penumbra* (López, 2004).

Durante el 76 Congreso de la Sociedad de Arqueólogos Americanos en 2011 un equipo de investigadores del Centro de Ciencias Subacuáticas de la Universidad de Indiana en los E.E.U.U, presentaron los resultados de los estudios realizados en la cueva de José María, destacándose las dataciones radiocarbónicas calibradas a los pigmentos de dos pictografías (Foster, et al., 2011).

Más tarde, en septiembre del año 2019, otros miembros de la propia institución presentaron un informe a los Ministerios de Medio Ambiente y Recursos Naturales y al de Cultura, con los resultados de

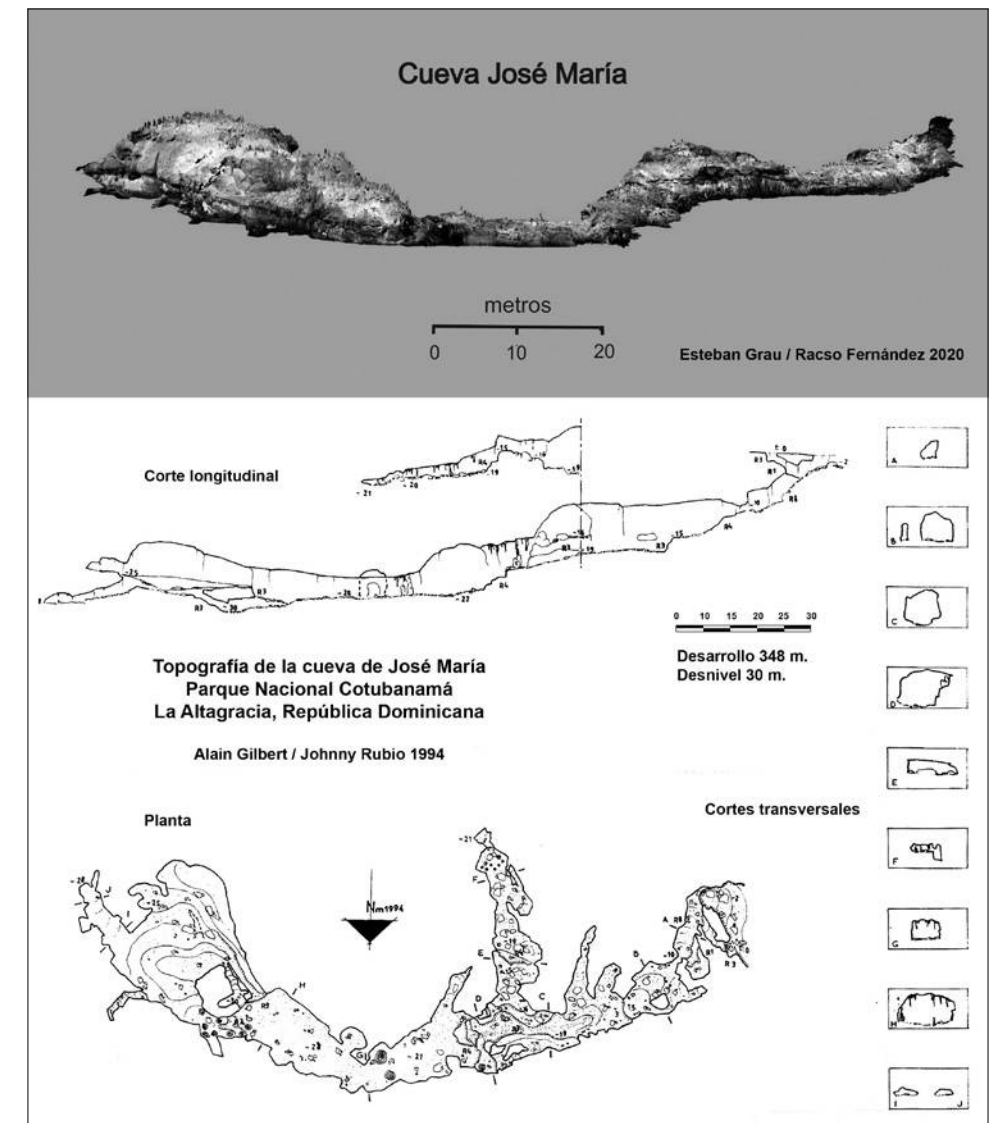


Fig. 2. Cartografías de la cueva de José María, Parque Nacional Cotubanamá.

las labores (parciales) ejecutadas en la cueva de José María. El equipo registró los denominados paneles “Tributo (Figura 3), el “Sol y Luna”, así como las estalactitas y estalagmitas adyacentes a un pequeño arco con lo que parece ser un hombre barbudo. Para ello emplearon la recolección de datos fotogramétricos no invasivos y el mapeo básico del sitio, creando modelos tridimensionales y ortofotos de alta resolución.

Los murales se fotografiaron utilizando cámaras sin espejo Sony a6000 de última generación con flashes externos difusos y la iluminación uniforme se produjo utilizando luces de video LED Neewer 660 equipadas con difusores; las luces son ecológicas y funcionan con baterías para áreas remotas. Tras la recopilación de datos se utilizó el Software Agisoft Photoscan para procesar las imágenes y crear los modelos tridimensionales y ortofotos de las paredes de la cueva y los murales pictográficos (Hawley y Haskell, 2019).



Ortomosíaco del mural denominado "Tributo", de la cueva de José María, Parque Nacional Cotubanamá, República Dominicana (Hawley y Haskell, 2019).

Esta técnica permite a los investigadores grabar con precisión los paneles con un tiempo mínimo en el campo y producir productos digitales útiles para los análisis, la interpretación, la divulgación y la educación pública.

También bajo el patrocinio de The Nature Conservancy, TNC la cueva de José María se presenta de manera tangencial en el *Plan de Conservación para los Elementos Culturales del Parque Nacional del Este* realizado en 2009, entre otros muchos trabajos realizados en el Parque Nacional Cotubanamá.

El Plan de Manejo del Parque Nacional Cotubanamá, se actualizó durante el año 2012 documento en el cual por primera vez se detalla y oficializa el sistema de manejo que deben tener las cavernas con arte rupestre del Parque, haciendo especial mención a la importancia de la cueva de José María.

El arte rupestre de la cueva

La entrada de la cueva es una pequeña dolina de desplome que no destaca entre el bosque, quedando generalmente oculta por la vegetación. Los petroglifos que aparecen en la cueva se sitúan a pocos metros de la entrada, a la vista de la luz solar; los primeros están situados en una especie de dintel natural que da paso a una galería descendente al final de la cual se localiza una estrecha gatera cuya entrada está flanqueada por un impresionante petroglifo antropomorfo.

Algunos de los petroglifos son exactamente iguales que las pictografías que se localizan en el interior de la cueva, encontrando diseños de tipo antropomorfo, fitomorfo y abstracto, realizados por el método del tallado y abrasión de la roca caliza en unos casos, y mediante la técnica del punteado en otros. En el interior oscuro de la cueva no se ha localizado absolutamente ningún petroglifo, a pesar de encontrar una acumulación inusitada de pictografías y el hecho de haber sido realizadas por muchos artistas diferentes, lo cual nos confirma la importancia de la luz solar en relación con la situación de los diseños grabados en la roca.

Después de penetrar y transitar la rampa descendente ya mencionada, se desemboca en una gatera angosta que da acceso a una sala de grandes dimensiones donde comienzan a observarse las pictografías. Luego de la primera sala se abre un corredor estrecho cubierto de pictografías en ambas paredes, pero en la derecha, subiendo por el relieve calizo algunos metros, se llega al segundo nivel de cavernamiento con un espacio o antesala en cuyo techo se pintaron algunas de las más hermosas pinturas de la caverna, destacándose un panel de figuras de gran tamaño entre las que se encuentran una enorme fragata o rabi-horcado representada en pleno vuelo y una figura femenina también de gran tamaño (Figura 4 y 5).

Volviendo al primer nivel, el corredor desemboca en una rampa muy inclinada que comunica con otra sala en la que destaca la belleza de las estalactitas que cuelgan del techo. Todas las paredes están cubiertas profusamente de interesantes pinturas (Figura 6, 7 y 8), al igual que una columna estalagmítica que se presenta en mitad de este espacio cavernario. En esta zona encontramos una pequeña depresión en el



Fig. 4. Pictografías ejecutadas en el techo del segundo nivel de cavernamiento.



Fig. 5. Pictografías ejecutadas en el techo del segundo nivel de cavernamiento.

suelo, depósito natural donde se recoge el agua que rezuma de las paredes y techos de la cueva; el volumen de este depósito permite su aprovechamiento como fuente de agua potable.

Tras la sala descrita anteriormente se presenta el gran salón de la caverna que tiene una bóveda de más de siete metros de altura. En las paredes y los espeleotemas presentes se encuentran pintados centenares de diseños, destacando un panel de catorce metros de largo con grandes pinturas (Figura 7), algunas de ellas de dimensiones cercanas al metro de altura.



Fig. 6. Pictografías ejecutadas en el salón intermedio del primer nivel de cavernamiento.



Fig. 7. Pictografías ejecutadas en el salón intermedio del primer nivel de cavernamiento.

Al fondo de la gran sala se desarrolla la última galería de la cueva, donde también hay pictografías siendo un círculo rodeado de trece líneas con tres puntos en triángulo en el centro, una de las más profundas. Para una mejor información detallada sobre estas expresiones gráficas se puede consultar las obras (López, 2004, 2005, 2007, 2009 y 2010).



Fig. 8. Mural o panel del "Sol y la Luna" en balcón del salón intermedio del primer nivel de cavernamiento.

Objetivos

Los objetivos específicos identificados en el proyecto son:

- Aplicar el método de fotogrametría para crear un modelo virtual de la cueva que recoja la totalidad del dibujo rupestre presente en ella.
- Determinar la distribución espacial de las imágenes en la cavidad, en particular la relación entre murales y diferentes motivos, así como la secuencia y posición que ocupan estos.
- Crear la línea base de monitoreo que permitirá determinar los procesos de fosilización que ocurren en la espelunca que afectan directamente al estado de conservación de los dibujos.
- Identificación los componentes colorantes, aglutinantes, diluyentes de los pigmentos pictográficos.
- Identificar las especies vegetales utilizadas para producir los carbones colectados.

- Comprobar si los carbones eran empleados de forma natural o con algún tipo de aglutinante.
- Obtener muestras de pigmentos y carbones para fechados absolutos.

Materiales y métodos

Metodología para modelación 3D

Las imágenes se realizaron con cámara Canon EOS 70D, con lente de 24 mm; para el modelaje total de la caverna se realizaron un total de 48.000 imágenes en formato JPG a 8mpx y RAW a 20mpx, la iluminación se trabajó con dos Flash YONGNUO SPEEDLITE YN-560 III, lado a lado de la cámara, sincronizados por sistema de control wifi marca YONGNUO, modelo rf-603c con una frecuencia de 2.4Hz, logrando una luz homogénea en todo el área de las fotos.

Para generar los modelos fue utilizado el software Agisoft metashep en su última versión 1.6.3, logrando una superposición de imágenes de un 70 % en el modelaje del conjunto de la caverna, priorizando los techos y paredes, cubriendo todas las galerías de la cueva donde está presente el arte rupestre. Especialmente en los murales o paneles se logró una superposición de entre el 80 y el 90% de las imágenes realizadas, no así en varios sectores de los pisos de la galería central donde no se profundizó en la superposición.

Para el control de medidas de distancias se creó una red de control de diez estaciones a lo largo de toda la cueva, utilizando escalas de distancias con divisiones de a centímetros, seleccionando un total de 20 marcadores, también se estableció una estación para determinar el rumbo y distancia, utilizando el Disto-compass Leica modelo D810.

En el procesamiento digital, se realizó en una PC con procesador I7 de novena generación, 80 GB de RAM y tarjeta gráfica Nvidea GeForce 1080 TI, con 11 GB GDDR 5X.

Para un mejor resultado en el procesamiento digital se dividió la cavidad en 4 sectores y a su vez en 8 sub sectores, logrando cuatro modelos de media a Alta Calidad y un modelo general de baja a Media Resolución con un error de cierre en los modelos de 0.02 cm.

Metodología de Muestreo

Por otra parte, con la intención de apoyar los estudios que se ejecutan en este importante santuario, también se recogieron muestras de pigmentos en varias pictografías. Para la operación de muestreo se siguió el procedimiento propuesto por Màs et *al.* (2013) y practicado por Fernández et *al.* (2017) concebido para la toma de muestras de pigmentos, por constituir una buena práctica para evitar la contaminación de los ejemplares. Para ello se utilizaron guantes de látex, máscaras y bisturíes, cambiando cada vez la hoja. Las muestras de pigmento (de dos mm.) y la de soporte (de tres mm.) después de colectadas en los vidrios de reloj, se dejan caer en Tubos Eppendorf que se guardan en bolsas de plástico herméticas, los ejemplares son debidamente roturados en ambos contenedores (Figura 9). Con el mismo proceder se tomaron muestras de fragmentos de carbón dentro de oquedades del suelo de la gruta pues aparecen diseminados a lo largo de toda la espelunca.

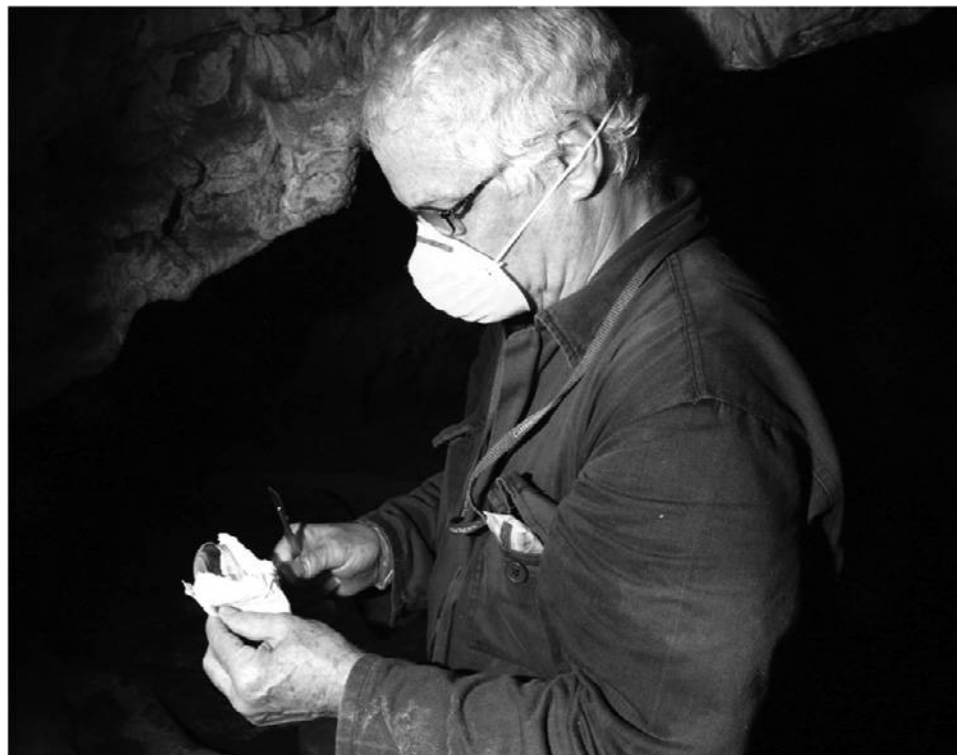


Fig. 9. Instante en que se tomaban las muestras para los análisis arqueométricos.

Discusión

La cueva de José María posee un desarrollo longitudinal de trescientos cuarenta y ocho metros y una profundidad máxima de quince metros; a menos de treinta metros de ella se encuentra la cueva de La Hermanita, que cuenta con un desarrollo destacable y buenas condiciones para albergar manifestaciones rupestre, sin embargo, ni una sola muestra de pictografías o petroglifos se encuentran en su interior. Esta situación demuestra la particular intencionalidad de utilizar precisamente la cueva de José María como lugar sagrado, probablemente provocado por las especiales características morfológicas de la cavidad (López 2003).

Durante las labores fotogramétricas de alta precisión de los paneles rupestre de la cueva José María, por parte del Equipo de la Universidad de Indiana de los E.E.U.U, se obtuvieron modelos fotogramétricos tridimensionales de los paneles denominados “Tributo” y “Sol y Luna”, así como de un pequeño arco adyacente que presenta una imagen que recuerda a un hombre barbudo, localizada entre estalactitas y estalagmitas (Hawley y Haskell, 2019).



Fig. 10. Pictografías en la entrada a la gran sala de la cueva de José María.

Como bien se sabe, estos modelos son difíciles de representar en dos dimensiones, por lo que se produjeron ortomosaicos (figura 3) que deforman en alguna medida las manifestaciones rupestres debido a la naturaleza irregular de las paredes; en este sentido los modelos

tridimensionales obtenidos se pueden compartir en plataformas de Internet como Sktchfab, de la misma forma que se pueden exportar y compartir localmente en computadoras de mesa, laptops o tabletas equipados con software para visión tridimensional (Hawley y Haskell, 2019).

Conociendo las limitaciones de las labores realizadas en 2019 por el equipo de la Universidad de Indiana (Hawley y Haskell, 2019) y los escasos murales modelados en un santuario en que pocos espacios fueron desaprovechados u olvidados por los hacedores o chamanes, el proyecto cuyos resultados se presentan para la modelación virtual de la Cueva de José María, clasifica en lo que hoy se reconoce como Arqueología Virtual, la cual tiene como objetivos el desarrollo e investigación de formas de visualización asistida por ordenadores en la gestión integral del patrimonio Arqueológico, fundamental en la conservación, investigación, monitoreo y divulgación.

Con este trabajo se logró generar el modelo fotogramétrico tridimensional de la totalidad de los paneles o murales pictográficos presentes en las galerías y salones de la cueva de José María, lo cual representa el 83% de la gruta.

El recorrido virtual que se puede realizar por la espelunca desde su entrada hasta los rincones más apartados y recónditos, en los que existen expresiones patrimonial pintadas, permite reconocer la evolución y el desarrollo que tuvo el dibujo rupestre a lo largo del tiempo en este santuario; el análisis de los murales, conjuntos y dibujos permite conocer su distribución y relación espacial, así como la secuencia y posición de cada uno de los motivos en el antro cavernario.

Resulta también relevante el hecho de posibilitar, desde el computador, la medición de las dimensiones de las imágenes o las distancias entre ellas para su estudio. De modo tal que el modelo 3D permitirá regresar a la caverna, de forma virtual, las veces que sean necesarias para realizar los análisis pertinentes desde cualquier ordenador.

La utilización de los modelos virtuales generados permite la distribución y socialización del este valioso patrimonio arqueológico, para que sea utilizado por los más disímiles centros docentes de todas las enseñanzas, instituciones de investigación, museos, centros de visitantes, así como compartirlo en las diferentes redes y formatos digitales

interactivos; además se pueden obtener ortomosaicos, videos y modelos digitales del terreno (MDT) de la caverna.

Por otra parte, y haciendo referencia al trabajo de Foster y colaboradores (2011) de la propia Universidad de Indiana, relacionado con las muestras de pigmentos tomadas y las dataciones radiocarbónicas calibradas obtenidas, intentando probar que las pinturas -de la “carabela” y la “cara barbuda” que aparecen asociadas al mural denominado “Tributo” se hicieron durante el período de contacto, nos parece oportuno realizar algunos comentarios.

Las muestras de pigmentos de la espelunca objeto de estudio arrojaron antigüedades de 2667 y 852 a.n.e.; mientras que por su parte en la vecina cueva del Puente, con dibujos que presentan el mismo estilo pictórico que José María (López, 2009), las dataciones calibradas de los pigmentos de tres pictografías indican fechados absolutos de 400, 540 y 1160 d.n.e., por lo que según los autores, la diferencia entre las dataciones de ambas cavernas sugiere que estemos en presencia de la utilización de carbones muy antiguos para la producción de los colorantes (Foster, et *al.*, 2011).

Existen varios estudios que abordan las dificultades a considerar cuando el material fechado es el carbón. En este sentido Schiffer apuntó que resulta necesario al evaluar los resultados, tener en consideración que pueden existir problemas potenciales como la posibilidad de que estemos en presencia de “madera vieja” o “carbón viejo”, lo que podría indicar que la madera procede de un árbol que murió algún tiempo antes de que fuera quemada para obtener el carbón o, de la misma manera, el carbón haber sido quemado en un momento desconocido, antes de utilizarse para la pintura (Schiffer 1986), por su parte Bednarik (1994) plantea que el fechado radiocarbónico procedente de un fragmento de carbón, puede indicarnos la fecha de la muerte del árbol del cual se obtuvo “el colorante”¹ y no necesariamente indicar la edad de cuando se procedió a producirlo.

1. El agregado entrecomillado es de los autores.



Fig. 11. Pellas de pigmento escondidas en una gatera de la caverna.

También Foster y colaboradores, expresan que existe la posibilidad que se estuviese datando algún otro compuesto químico portador de carbono como pudiera ser el guano de murciélago, componente que probablemente estuviese incluido en el material que se empleó en la producción de los colorantes, falseando el fechado obtenido otorgándole la antigüedad de este último componente (Foster, et *al.*, 2011). Sin embargo, como en el reporte de 2011 no se declara explícitamente el procedimiento utilizado para la toma de las muestras, cabría una tercera posibilidad, como que se produjera la contaminación de alguna de las muestras recogidas y analizadas.

Según los estudios para conocer la composición química de los pigmentos realizados por Duvall y Rowe (2013) empleando la Microscopía Electrónica de Barrido, Difracción de Rayos X portátil (pXRF) y Transformada Infrarroja de Fourier, llegaron a la conclusión que resulta indiscutible la presencia de carbón vegetal y guano de murciélago, al menos para las pictografías de la cueva de Las Maravillas, ubicada a unos 50 km de distancia.

Algo similar sucedió al aplicar la misma batería de análisis, a las muestras de pigmentos obtenidas en la cueva Vidal I en el propio Parque Nacional de Cotubanamá, que arrojaron la presencia inequívoca de carbón vegetal (Duvall y Rowe, 2013); todo lo anterior nos indica la necesidad de ser extremadamente cuidadosos en los procedimientos seleccionados para el análisis de las muestras y sus fechados absolutos.

Como ya se expresó, el proyecto pretende aportar mayor información para el estudio de este importante santuario para lo cual se tomaron un número de muestras de pigmentos y fragmentos de carbón de algunos espacios del suelo de la espelunca para ejecutar estudios arqueométricos que den mayor luz y ayuden a esclarecer los datos antes comentados. Por tal motivo se colectaron muestras de pigmentos (4); la primera de una pictografía ubicada en la pequeña galería y sumidero del Salón Final; la segunda en el mural pictográfico que se encuentra a 6 m de la entrada de esta galería; la tercera fue colectada de uno de los emplastes del mural de “la rana y la tortuga” y, la cuarta y última, de una pictografía del pequeño corredor que se localiza en la Galería Superior. Las muestras de fragmentos de carbón (2) se colectaron en la Galería Intermedia junto al mural de la “rana y a tortuga” y en la Galería Superior.



Fig. 12. Gran panel de la rana y la tortuga.

Las mismas serán sometidas a una rigurosa batería de análisis que permitirá dar respuesta a los objetivos ya expuestos; para lo que se incluyen estudios Arqueobotánicos, de Cromatografía gaseosa acoplada a Espectrómetro de Masa para Pirólisis por Inyección (Pyr-CG-MS), de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis de Energía Dispersiva por Rayos-X (SEM-EDX), a la Espectroscopía de Vibración Infrarroja (μ FTIR) y a la Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR); finalmente será realizado el fechado absoluto calibrado de las muestras por ^{14}C AMS. Esta batería de exámenes se ejecutará en los marcos del proyecto *Antigüedad y paternidad del dibujo rupestre en el Parque Nacional Desembarco del Granma, suroriente de Cuba* que se ejecuta por la Disciplina de Arqueología en el Departamento de Disciplinas de la Especialidad del Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana, de la Universidad de La Habana, gracias al Laboratorio Hércules de la Universidad de Évora en Portugal y el Dpto. de Antropología de la Universidad de Winnipeg en Canadá, miembros del mismo.

Agradecimientos

Los trabajos han sido realizados sin ánimo de lucro gracias a la colaboración de varias instituciones de la República Dominicana, Cuba y Puerto Rico, Estado Libre Asociado a los Estados Unidos de Norte América. En este sentido los autores dejan constancia de su infinito agradecimiento a las instituciones que financiaron el proyecto: a la Comisión de Ciencias Sociales de la Academia de Ciencias de la República Dominicana por la confianza y los fondos aportados, además de la obtención de los permisos oficiales pertinentes para realizar los trabajos; la Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre, el Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana y la Unión de Escritores y Artistas de Cuba, todos de Cuba, por el apoyo sistemático con materiales y equipos; al Guahayona Institute de Puerto Rico, E.E.U.U, por la ayuda incondicional y la financiación aportada para llevar a feliz término las tareas propuestas; a la Dirección de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana, por facilitar oportunamente los permisos y el apoyo durante las labores en el Parque; y muy especialmente a la compañía hotelera dominicana Viva Wyndham Resorts, por brin-

darnos todas la facilidades y garantizar toda la logística en los quince días de expedición. No podemos dejar de mencionar a los Sres. Pedro Ortiz y Jesús Mercedes, ambos excelentes trabajadores de la Estación de Guardaparques Guaraguao, en el Parque Nacional Cotubanamá, por toda la ayuda brindada como guías y acompañantes durante las labores de campo.



Fig. 13. Grandes murales de la cueva de José María, Parque Nacional Cotubanamá, República Dominicana.

Bibliografía

- Alberti Bosch, Narciso. 1912. *Apuntes para la Prehistoria de Quisqueya*. La Vega. República Dominicana. Imprenta El Progreso, 150 p.
- Arrom, J. (1990): *Relación acerca de las antigüedades de los indios*. Fray Ramón Pané, Ed. Ciencias Sociales. La Habana.
- Bednarik, R. G. 1994. Conceptual Pitfalls in Dating Palaeolithic Rock Art, *Prehistoire Anthropologie Mediterraneennes* 3, pp. 95-102.
- Doucudray, Félix Serbio. 1980. La Capilla Sixtina del Arte Antillano. Periódico *El Caribe*. 12 de abril. Santo Domingo.

- Duvall, Daniel. 2007. *Rock Art of the Dominican Republic*. Santo Domingo. República Dominicana. Editor Daniel Duvall, 22 p.
- DuVall, Daniel y Marvin Rowe (2013). Dominican Republic pictographs: Microscopy and chemical studies. *Proceedings of International Congress of the International Federation of Rock Arts Organization (IFRAO)*. Albuquerque.
- Fernández, Racso; Dany Morales, Martí Mäs, Alberto Jorge, Mónica Solís, Enrique Parra y Dialvys Rodríguez (2017). La Espiral Cave (Cuba): Guano and signs of plant substances used as paint ingredients. *Journal of Archaeological Method and Theory*, Volume 25, Issue 1, pp. 289-305.
- Foster, John W.; K. Harley McDonald; Charles D. Beeker y Geoffrey W. Conrad (2011): Let There Be Light in the Dark Zone: Insights into Taíno Cave Paintings in the Eastern Dominican Republic. *Proceedings of 76th Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, Sacramento.
- Gilbert, Alain. 2006. *Expedition Guacaras Tainas 16*. Lyon. France. Fédération Française de Spéléologie, 128 p.
- Herrera-Moreno, A., B. Peguero, M. Sánchez, S. Tejada y G. Herrera Durán 2014. Reporte del Programa EcoMar, Inc. al Proyecto: *Estudio de capacidad de carga turística en el Distrito Municipal Bayahibe*. Auspiciado por The Nature Conservancy (TNC) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Santo Domingo, República Dominicana, 106 pp.
- Kirsten Hawley y Samuel Haskell 2019. *Preservación del patrimonio digital en áreas protegidas especiales: Arte rupestre Taíno en la cueva José María*. Centro de Ciencia Subacuática, Universidad de Indiana.
- López Belando, Adolfo. 1993. La Cueva de José María. Santo Domingo. República Dominicana. Agencia Española de Cooperación Internacional, *Proyecto Uso Público, Protección y Recuperación de Vida Silvestre del Parque Nacional del Este*, 160 p.
- López Belando, Adolfo. 2004. *El Arte en la Penumbra. Pictografías y Petroglifos en las Cavernas del Parque Nacional del Este*. Santo Domingo. República Dominicana. Grupo BHD, PROEMPRESA, 360 p.
- López Belando, Adolfo. 2005. El Arte Rupestre en el Parque Nacional del Este. Los Jeroglíficos de la Escuela de José María. Santo Domingo. República Dominicana. En *Actas del XXI Congreso Internacional de Arqueología del Caribe*. Fundación García Arévalo, pp. 647-654.

- López Belando, Adolfo. 2007. *La Cueva de José María*, Santuario Prehispánico de la Isla de Santo Domingo. Salamanca. España. En *Perficit, Revista de Estudios Humanísticos*. Tercera Época. Vol. XXVII 1. Biblioteca San Estanislao, Colegio San Estanislao de Kotska, pp. 131-180.
- López Belando, Adolfo. 2009. Rock Art of the Dominican Republic and the Caribbean in Cinquino, Michael; Hayward, Michele and Atkinson, Lesley Gail, editors, in *Rock Art in the Caribbean*. The University of Alabama Press, pp. 102-114.
- López Belando, Adolfo; Mateo Feliz, José Manuel. 2010. *Áreas Protegidas de la República Dominicana, Naturaleza en Estado Puro*. Santo Domingo. República Dominicana. Instituto Panamericano de Geografía e Historia y Grupo Vicini. Imprenta Amigo del Hogar, 768 p.
- Mäs, Martí, Alberto Jorge, B. Gavilán, Mónica Solís, Enrique Parra y P. Pablo Pérez. (2013). Minateda rock shelters (Albacete) and post-palaeolithic art of the Mediterranean Basin in Spain: pigments, surfaces and patinas. *Journal of Archaeological Science*, 40:4635-4647.
- Schiffer, M. B. 1986. Radiocarbon Dating and the Old-Wood Problem – the Case of the Hohokam Chronology, *Journal of Archaeological Science* 13(1), pp. 13-30.