



ARTÍCULO ORIGINAL

Descripción morfométrica del Ídolo del Tabaco a partir de su modelación digital en 3D por fotogrametría

Morphometric description of the Tobacco Idol by using digital 3D modeling by photogrammetry

Alejandro José Gómez-García ^{1*} , Jorge Luis Gálvez Soler ² 

1 Facultad de Biología.
Universidad de La Habana

2 Museo Antropológico Montané.
Universidad de La Habana

*Autor para correspondencia:
alejandrex95@gmail.com

RESUMEN

El uso conjunto de la morfometría geométrica con modelos tridimensionales ha tenido un auge en los últimos años en diferentes ramas de la ciencia. En la arqueología, la combinación de ambas disciplinas ha sido especialmente útil para la digitalización y el estudio tanto de piezas frágiles como de sitios arqueológicos completos. El ídolo del Tabaco es una de las piezas más importantes de la arqueología en Cuba, y sin embargo, esta pieza se encuentra muy poco estudiada. Aprovechando las ventajas que brindan los modelos 3D para la descripción morfométrica de objetos arqueológicos, en este trabajo se realiza una caracterización morfométrica del Ídolo del Tabaco a partir de su modelo tridimensional. El modelo tridimensional del ídolo se obtuvo mediante técnicas de fotogrametría y, una vez calibrado, se realizó su caracterización morfométrica utilizando 46 medidas diferentes, incluyendo mediciones lineales, de área y de volumen. Se analizó la asimetría lateral del ídolo utilizando mapas de distancias y se comparó con un elipsoide para analizar posibles deformaciones con respecto a la forma geométrica. El modelo 3D presentó un total de 1,4 millones de polígonos, un volumen de 22,27 dm³ un área total de 53,8 dm². El análisis de asimetría mostró que la región alrededor del rostro resultó ser la más simétrica, mientras que la mayor asimetría se encontró entre los brazos y el pene, el cual se encuentra desplazado hacia la izquierda. El 95% de las diferencias encontradas entre ambas mitades fue menor a 8,45 mm, mientras que la distancia absoluta máxima fue de 14,42 mm. La comparación con el elipsoide mostró que zonas como el pene, así como el brazo izquierdo sobresalen de la forma geométrica debido a que la región izquierda del ídolo es ligeramente más abombada que la derecha. El modelo tridimensional presentó la calidad suficiente para ser utilizado en este tipo de trabajos, lo que avala el uso de la fotogrametría para la digitalización de piezas arqueológicas y su descripción morfométrica, además de que su digitalización significa la conservación de las colecciones para futuras generaciones.

Palabras clave: Ídolo del Tabaco, fotogrametría, modelo 3D, morfometría geométrica, arqueología

Recibido: 2021-05-23

Aceptado: 2020-12-22

ABSTRACT

The joint use of geometric morphometric with three-dimensional models had a boom in recent years in different branches of science. In archeology, the combination of both disciplines has been especially useful for digitizing and studying both fragile pieces and complete archaeological sites. The Tobacco Idol is one of the most important pieces of archeology in Cuba, and yet this piece is very little studied. Taking advantage of the advantages offered by 3D models for the morphometric description of archaeological objects, in this work a morphometric characterization of the Tobacco Idol is carried out from its three-dimensional model. The three-dimensional model of the idol was obtained using photogrammetry techniques and, once calibrated, its morphometric characterization was carried out using 46 different measurements, including linear, area and volume measurements. The idol's lateral asymmetry was analyzed using distance maps and compared with an ellipsoid to analyze possible deformations with respect to the geometric shape. The 3D model presented a total of 1.4 million polygons, a volume of 22.27 dm³ and a total area of 53.8 dm². The asymmetry analysis showed that the region around the face turned out to be the most symmetrical, while the greatest asymmetry was found between the arms and the penis, which is displaced to the left. 95% of the differences found between both halves was less than 8.45 mm, while the maximum absolute distance was 14.42 mm. The comparison with the ellipsoid showed that areas such as the penis, as well as the left arm protrude from the geometric shape because the left region of the idol is slightly more domed than the right. The three-dimensional model presented sufficient quality to be used in this type of work, which endorses the use of photogrammetry for the digitization of archaeological pieces and their morphometric description, in addition to the fact that its digitization means the conservation of the collections for future generations.

Keywords: Tobacco Idol, photogrammetry, 3D model, geometric morphometric, archaeology

INTRODUCCIÓN

El Una de las piezas arqueológicas más importantes e icónicas de Cuba es el llamado Ídolo del Tabaco, encontrado en Maisí en 1903, que perteneció al primer presidente de La República de Cuba y que gracias a la labor del Doctor Luis Montané (iniciador de la Antropología de Cuba) ingresó a la sala del Museo Antropológico de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana (primer museo antropológico universitario del país) donde se ubica actualmente (Rangel-Rivero y Vázquez-Sánchez, 2018). Tallado en madera de guayacán (*Guayacum officinale*), fue datado por carbono 14 como de los años 1100± 69 AP y constituye una pieza única en su tipo perteneciente a la cultura agroalfarera de los taínos por la complejidad de su tallado y elaboración, lo que la convierte en una de las piezas representativas de la región del Caribe. El nombre de Ídolo del Tabaco se popularizó por el libro "Cuba before Columbus" de Mark Harrington en alusión a su forma, pero no es el más idóneo académicamente, ya que las investigaciones actuales han demostrado que no guardó relación con el tabaco, sino que debido a lo pulimentado de su cavidad interna, se determinó que se usaba como un pilón para preparar sustancias alucinógenas típicas que usaba el behique en el Rito de la Cohoba (citado por Rangel-Rivero y Vázquez-Sánchez, 2018).

A pesar de su valor arqueológico y etnográfico, son notablemente escasas las investigaciones sobre esta pieza. Las únicas medidas registradas en la literatura, y expuestas en la etiqueta junto al ejemplar, son su altura (920 mm) y su ancho máximo (225 mm) (Kerchache, 1994), no existiendo estudios morfométricos o descriptivos más exhaustivos de dicha pieza.

La Morfometría es una rama de la Morfología enfocada en la evaluación cuantitativa de dimensiones y formas de un objeto de estudio dado, así como de sus relaciones con otras variables. Tradicionalmente los estudios morfométricos han utilizado mediciones lineales y el uso de imágenes para la caracterización de los objetos de estudio; sin embargo, en los últimos 30 años los métodos clásicos han evolucionado a técnicas digitales más avanzadas que capturan la geometría de las estructuras (Morfometría Geométrica) a partir de imágenes o modelos tridimensionales (Adams *et al.*, 2004; Adams *et al.*, 2013; Slice, 2005; Gunz y Mitteroecker, 2013).

El uso de modelos tridimensionales supone una mejora significativa en los estudios morfométricos ya que permiten obtener una mayor cantidad de información del objeto de estudio en cuestión (Wasiljew *et al.*, 2020). Además, en comparación a los métodos de morfometría geométrica bidimensionales, son más acertados a la hora

de capturar estructuras relevantes y presentan una menor distorsión (Buser *et al.*, 2018). Sin embargo, también presentan limitantes como el mayor esfuerzo que supone obtener los datos, en comparación con las imágenes 2D (Cardini y Chiapelli, 2020; Navarro y Maga, 2016). A esto se suma el elevado costo de muchas de las tecnologías de obtención de modelos 3D como el escáner μ -CT, así como del software para su análisis (Abel *et al.*, 2012; Gould, 2014).

Como alternativas a las costosas tecnologías de escaneo para producir modelos 3D, existen otras mucho más asequibles como la fotogrametría. La fotogrametría es una técnica de modelado para la digitalización de objetos o superficies que se basa en la estimación de coordenadas tridimensionales mediante mediciones realizadas sobre dos o más imágenes tomadas de diferentes ángulos. Dado que solo es necesaria una cámara y un ordenador con el software especializado, se considera un método de bajo costo (Katz y Friess, 2014; Muñoz-Muñoz *et al.*, 2016). Este método ha sido utilizado para la digitalización de piezas de museo (Rahaman *et al.*, 2019), ejemplares de colecciones biológicas (Medina *et al.*, 2020) o incluso sitios arqueológicos (Yamafune *et al.*, 2016), además de que su precisión en relación a otras técnicas ha sido probada (Moon *et al.*, 2019; Puliti *et al.*, 2020).

Los modelos tridimensionales se han aplicado en numerosos estudios, ya sea en medicina cardiovascular para su utilización en procedimientos quirúrgicos (Ferrari *et al.*, 2020) o en la recreación de tejidos en medicina regenerativa (Moroni *et al.*, 2018), para explorar aspectos de biomecánica relacionados a procesos como la locomoción (Bishop *et al.*, 2020) o la alimentación (Erickson *et al.*, 2012). La posibilidad de incluir modelos 3D interactivos en las últimas versiones del formato pdf, que es el más universalmente empleado en las publicaciones científicas, también aumenta el valor de las figuras para la comunicación científica (Ruthensteiner y Heß, 2008; Denis y Gómez-García, 2019).

En los últimos años el uso de los modelos 3D se ha incrementado en diferentes campos como la paleontología (Mallison y Wings, 2014; Otero *et al.*, 2020) o la arqueología (De Reu *et al.* 2014; Sapirstein, 2016; Yamafune *et al.*, 2016), haciéndose un especial énfasis en la digitalización de sitios y objetos arqueológicos (Martínez-Fernández *et al.*, 2020). Particularmente en la arqueología, la digitalización de objetos no solo ayuda a la conservación del material arqueológico (Rossi *et al.*, 2020;

Galeazzi *et al.*, 2016), sino que también posibilita realizar análisis detallados sobre objetos frágiles y de difícil manipulación (Giacomini *et al.*, 2019) así como la reconstrucción de material dañado (Hermoza y Sipiran, 2018).

En Cuba, el uso de los modelos tridimensionales es muy escaso en la arqueología y antropología, con estudios centrados en la conservación y preservación (Rangel-de Lázaro *et al.*, 2021; Tucci *et al.*, 2018) y no en la descripción morfométrica del material digitalizado. En el presente trabajo se describe la obtención de un modelo digital en 3D del ídolo del Tabaco, su calibración, y la caracterización morfométrica exhaustiva de la pieza a partir de dicho modelo. Este ejemplo se utiliza para mostrar la utilidad de la fotogrametría para la digitalización de este tipo de objetos, y demostrar las posibilidades de caracterizaciones morfométricas extendidas a piezas únicas. Este trabajo se enfoca en maximizar la cantidad de variables descriptivas y se da un peso importante en la evaluación de la precisión espacial del proceso de modelado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el modelado del Ídolo del Tabaco se empleó el programa de fotogrametría Agisoft Photoscan v1.2.4. Se tomaron 149 fotografías desde diferentes ángulos con una cámara digital de 20.1 Mpx (COOLPIX S3500 Nikon), que fueron alineadas automáticamente (Fig. 1A) y con las que se generó una nube densa de más de 4,3 millones de puntos. Posteriormente, se construyó la malla por triangulación y se aplicó una textura obtenida de las propias fotografías.

Con propósitos comparativos, como referencia geométrica, se utilizó un modelo del esferoide regular más aproximado, es decir, un elipsoide de revolución que correspondía con tres diámetros del ídolo (Fig. 1B): el diámetro superior (1), el diámetro mayor (2) y el diámetro menor (1).

La precisión del modelo, una vez calibrado, se haciendo una regresión entre 16 mediciones físicas tomadas sobre el original y las mismas variables, medidas de forma digital sobre el mismo. La cercanía al ajuste lineal perfecto es indicadora de la calidad del modelo digital para brindar mediciones iguales a las del objeto físico. Una vez obtenido, calibrado y validada la precisión espacial del modelo digital del ídolo se procedió a su caracterización

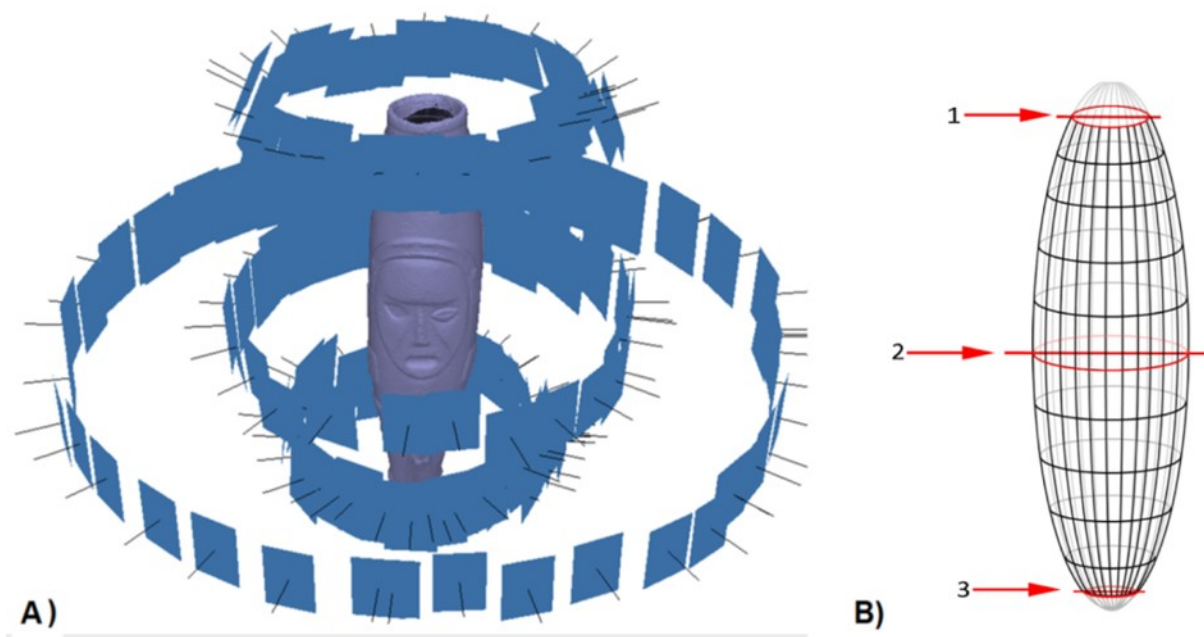


Figura 1. A) Posición de las fotografías ya alineadas con respecto al modelo tridimensional del Ídolo del Tabaco. B) Modelo del elipsoide con los diámetros correspondientes al tope del ídolo (1), al diámetro mayor (2) y al diámetro menor (3).

Figure 1. A) Position of aligned photography's in relation to the model of the tobacco idol. B) Ellipsoid model with corresponding diameters at top of the idol (1), at major diameter (2) and at lesser diameter (3).

morfométrica exhaustiva a través de una serie de dimensiones, el cálculo del volumen y la medición del área superficial de la pieza y de diferentes secciones de la misma (Fig. 2). Cada medida fue tomada 10 veces para calcular el error. Este tipo de descripciones detalladas sobre representaciones de cuerpos humanos puede dar ideas sobre proporciones físicas de los modelos o las percepciones de los artistas y, en muestras grandes, incluso podría dar información sobre la población fuente.

Se analizó la asimetría lateral del modelo, para lo cual se halló la imagen especular del modelo y se comparó con el modelo original a través de un mapa de distancias. También se comparó el modelo con el elipsoide geométrico regular de mejor ajuste para identificar posibles deformaciones respecto a la figura geométrica. La base del ídolo fue excluida del análisis debido a que se ensancha con respecto a la región de menor diámetro, no correspondiendo con la forma de un elipsoide (Fig. 1B).

En ambos casos, para visualizar las diferencias producto de las comparaciones, se utilizaron mapas de distancias. Estos se obtuvieron utilizando distancias con signos en el caso de la comparación con el elipsoide, para resaltar las regiones del ídolo que sobresalían de la forma geométrica básica, representadas por las regiones con distancias mayores a cero. Para el análisis de asimetría, en cambio, se utilizaron distancias absolutas. Todos los procedimientos se realizaron utilizando los programas Agisoft Photoscan v1.2.4, Meshlab v2016.12, Blender v2.78 y CloudCompare v2.9.1.

Los datos se procesaron estadísticamente por medio de estadísticos descriptivos de posición y dispersión (promedio, desviación estándar y coeficiente de variación). El ajuste entre las medidas en el objeto físico y las medidas tomadas sobre el modelo digital se evaluó a través de una regresión lineal.

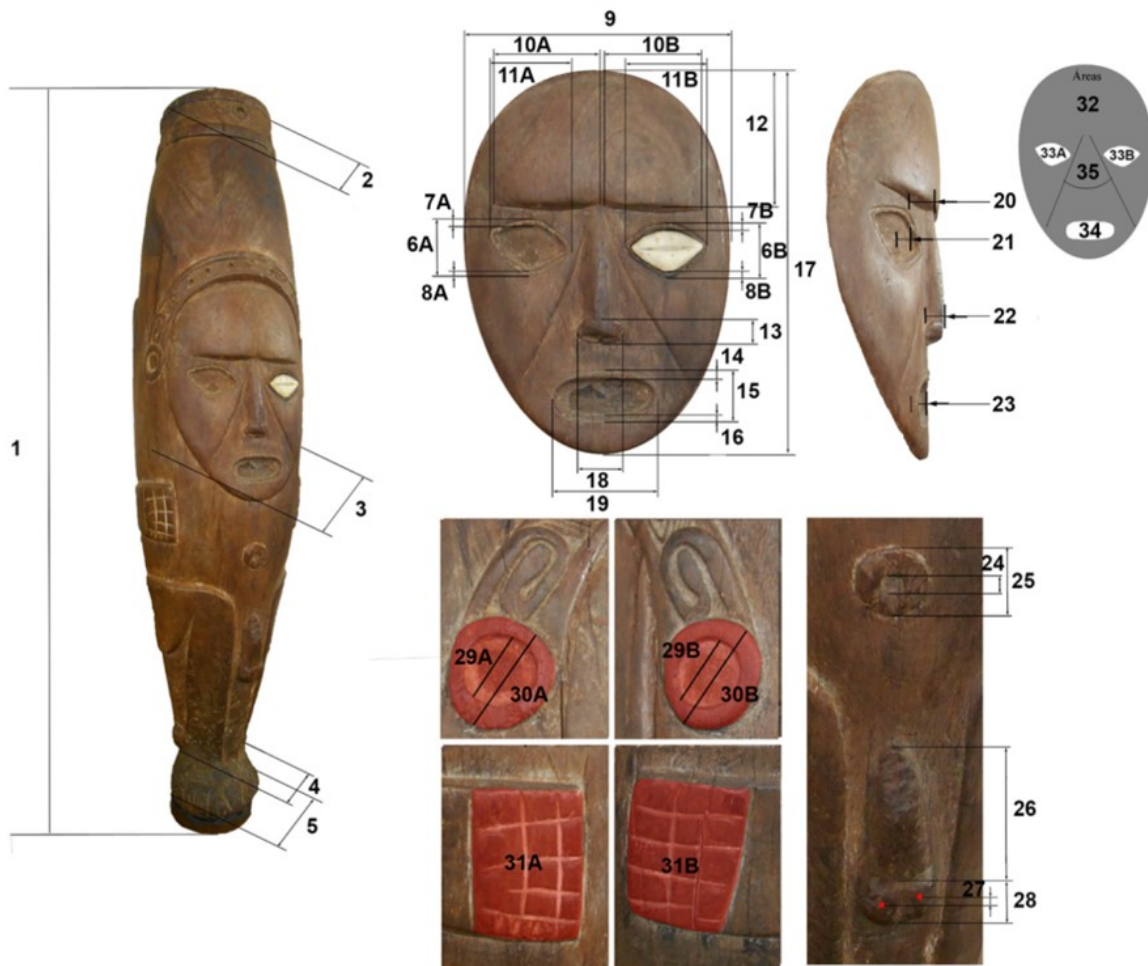


Figura 2. Caracterización morfométrica detallada del ídolo del tabaco en el Museo Antropológico Montané de la Universidad de La Habana, Cuba, a partir de medidas tomadas sobre su modelo digital tridimensional. Los números corresponden con las variables nombradas en la Tabla 1.

Figure 2. Detailed morphometric characterization of the tobacco idol at the Montané Anthropological Museum of the University of Havana, Cuba, based on measurements taken on the three-dimensional digital model. The numbers correspond to the variables named in Table 1.

RESULTADOS

El modelo resultante se muestra en la figura 3A y si el fichero es abierto en un lector de formato pdf con capacidad de manejo de modelos 3D (como las versiones de Adobe superiores a la 8.0) puede ser manipulado de forma interactiva. Este modelo presenta 1,4 millones de polígonos y la resolución de la textura asociada fue de 3840x2160 píxeles. La comparación entre las mediciones físicas y digitales dio como resultado una recta con un coeficiente de regresión superior al 99,9% (Fig. 2B). Los resultados de la caracterización morfométrica del ídolo se

muestran en la Tabla 1. El volumen del ídolo fue de 22,27 dm³ y su área total de 53,8 dm².

El análisis de asimetrías mostró diferencias más acentuadas entre los laterales del ídolo, encontrándose las mayores en la región del pene, en las protuberancias que tiene la base de la figura donde se representan los pies y en los laterales de la región superior. La región del pene en particular es el área que más desplazada se encuentra con respecto al eje de simetría del ídolo, colocándose casi por completo en el lateral izquierdo (Fig. 4).

A



B

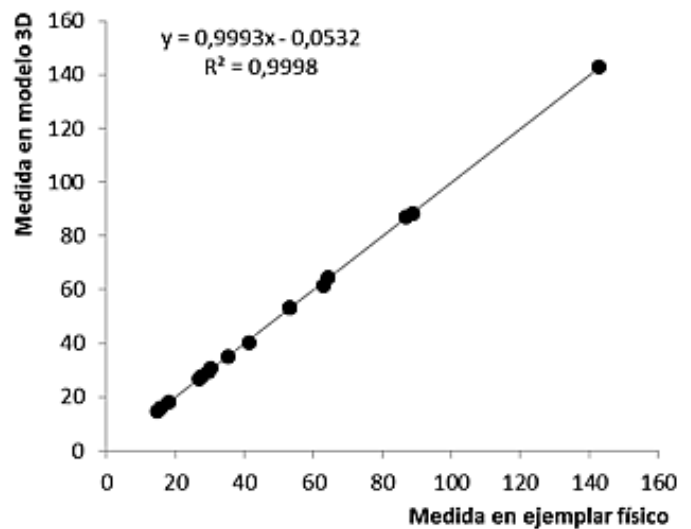


Figura 3. A) Modelo tridimensional, obtenido por fotogrametría, del ídolo del tabaco expuesto en el Museo Antropológico Montané de la Universidad de La Habana, Cuba. B) Validación de la calidad del modelo por comparación entre 16 medidas físicas tomadas sobre el objeto real y las medidas análogas sobre el modelo digital.

Figure 3. A) Three-dimensional model, obtained by photogrammetry, of the tobacco idol exhibited in the Montané Anthropological Museum of the University of Havana, Cuba. B) Validation of the quality of the model by comparison between 16 physical measurements taken on the real object and the analog measurements on the digital model.

Tabla 1. Mediciones en milímetros tomadas sobre el modelo digital 3D del Ídolo del Tabaco con su correspondiente desviación estándar y el coeficiente de variación (CV). La letra A indica lado derecho y B lado izquierdo. Las mediciones lineales están medidas en milímetros (mm), las áreas en cm² y el ángulo en grados (°). El error se calculó a partir de 10 repeticiones de cada medición.

Table 1. Measurements in millimeters taken on the 3D digital model of the Tobacco Idol with its corresponding standard deviation and the coefficient of variation (CV). The letter A indicates the right side and B indicates the left side. Linear measurements are measured in millimeters (mm), areas in cm², and angle in degrees (°). Error was calculated from 10 repetition of each measurement.

Tipo de Medición	No.	Nombre de la variable	Promedio ± Desviación Estándar	CV (%)
	1	Altura	887,3 ± 0,5	0,001
	2	Diámetro superior	142,5 ± 0,4	0,003
	3	Diámetro máximo	217,4 ± 0,1	0,000
	4	Diámetro mínimo	89,3 ± 0,3	0,004
	5	Diámetro inferior	112,7 ± 0,5	0,004
	6A	Altura del ojo	29,7 ± 0,2	0,007
	6B		3,9 ± 0,1	0,030
	7A	Ancho párpado superior	3,4 ± 0,1	0,035
	7B		180,2 ± 0,2	0,001
	8A	Ancho párpado inferior	73,7 ± 0,4	0,005
	8B		72,4 ± 0,4	0,005
	9	Ancho del rostro	61,9 ± 0,5	0,008
	10A	Ancho de la ceja	61,3 ± 0,1	0,002
	10B		88,5 ± 0,3	0,003
	11A	Ancho del ojo	3,6 ± 0,1	0,024
	11B		28,8 ± 0,1	0,002
	12	Altura de la frente	3,3 ± 0,1	0,015
	13	Altura de nariz	14,8 ± 0,4	0,024
Mediciones lineales (mm)	14	Ancho labio superior	5,3 ± 0,1	0,024
	15	Altura de la boca	24,7 ± 0,1	0,004
	16	Ancho del labio inferior	3,6 ± 0,1	0,017
	17	Altura de la cabeza	254,5 ± 0,3	0,001
	18	Ancho de la nariz	32,4 ± 0,2	0,007
	19	Distancia entre comisuras de la boca	70,3 ± 0,3	0,005
	20	Altura de la ceja	6,4 ± 0,2	0,027
	21	Profundidad cuenca ocular	1,6 ± 0,1	0,069
	22	Altura de la nariz	7,7 ± 0,2	0,022
	23	Profundidad cuenca oral	5,2 ± 0,1	0,026
	24	Diámetro interno ombligo	6,8 ± 0,1	0,011
	25	Diámetro externo ombligo	31,6 ± 0,1	0,004
	26	Largo del pene	60,8 ± 0,2	0,004
	27	Asimetría en altura testicular	22,2 ± 0,2	0,007
	28	Altura de testículos	27,6 ± 0,2	0,006
	29A	Diámetro interior del oído	25,6 ± 0,2	0,008
	29B		25,9 ± 0,1	0,004
	30A	Diámetro exterior de la oreja	42,1 ± 0,2	0,004
	30B		43,3 ± 0,3	0,006
	31A	Área de la mano	34,7 ± 0,1	0,004
	31B		38,4 ± 0,1	0,004
Áreas (cm ²)	32	Área del rostro	451,0 ± 0,2	0,000
	33A	Área de la cuenca ocular	11,2 ± 0,1	0,008
	33B		10,0 ± 0,1	0,008
	34	Área de la cuenca oral	16,5 ± 0,2	0,009
Ángulo (°)	35	Ángulo de las mejillas	49,0 ± 0,2	0,005

Se encontraron diferencias entre los brazos, dado que la región izquierda se encuentra ligeramente desplazada hacia adelante con respecto a la derecha. Las mismas diferencias fueron encontradas entre las piernas, aunque en menor medida. Las regiones medias del ídolo, tanto por el frente como por la parte trasera, fueron las más simétricas, sobre todo en la región del rostro (en el frente) y la columna vertebral (en la región posterior). El 95% de las diferencias encontradas entre ambas mitades fue menor a 8,45 mm, mientras que la distancia absoluta máxima fue de 14,42 mm.

La comparación del Ídolo del Tabaco con el elipsoide mostró que su lado izquierdo es ligeramente más abombado

que el derecho, siendo la región que más sobresale la correspondiente al brazo izquierdo. Otras zonas que sobresalen de la forma geométrica del elipsoide son, en la región media, la nariz y la frente y, en la región inferior, los genitales. La mayor parte del área del elipsoide solapa al ídolo (77,5%) mientras que solo el 22,5% del área del ídolo sobresale, siendo la mayor parte de esta área la correspondiente al brazo izquierdo (Fig. 5). La mayor de las distancias con signo fue de 14,68 mm, mientras que la menor fue de -35,59 mm. Las mayores distancias correspondieron a áreas solapadas por el elipsoide, la mayor parte de ellas localizadas en la región de la pierna izquierda, la boca y la región izquierda del tope del ídolo.

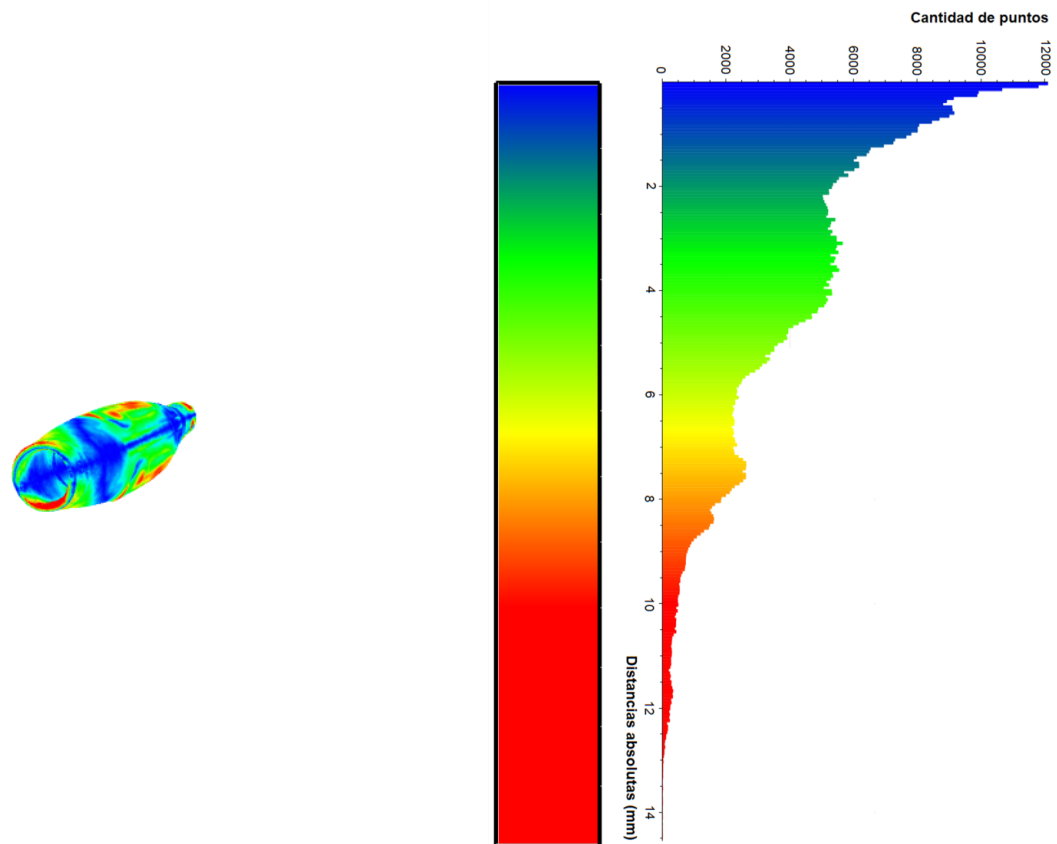


Figura 4. Mapa de distancias e histograma que muestran la distribución de las distancias absolutas de asimetría lateral (en mm) obtenidas por el análisis de reflexión del modelo 3D del Ídolo del Tabaco, donde los colores cálidos representan las mayores diferencias y los colores fríos las menores.

Figure 4. Distance map and histogram showing the distribution of the absolute distances of lateral asymmetry (in mm) obtained by the reflection analysis of the 3D model of the Tobacco Idol, where warm colors represent the higher and cold colors the lesser differences.

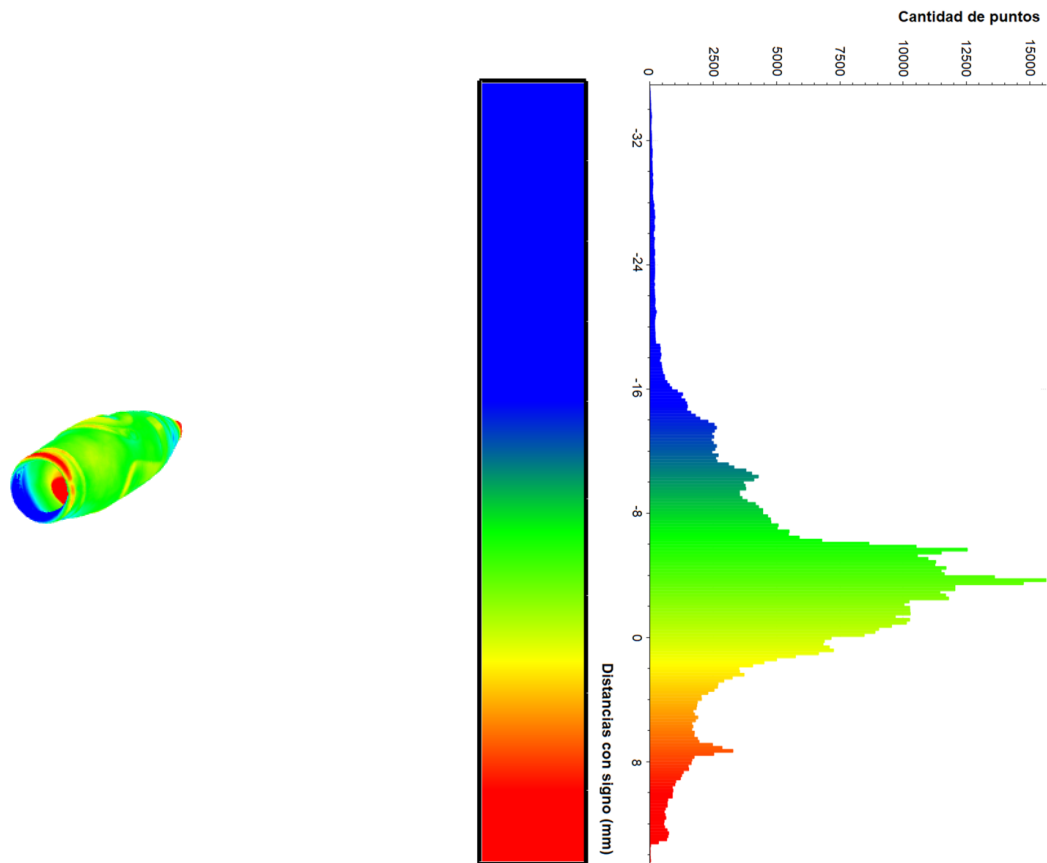


Figura 5. Mapa de distancias e histograma que muestran la distribución de las distancias con signo (en mm) entre el Ídolo del Tabaco y el elipsoide regular. Los colores cálidos representan los valores positivos (donde el ídolo sobresale del elipsoide), mientras que los colores fríos los valores negativos (donde el elipsoide sobresale del ídolo).

Figure 5. Distance map and histogram showing the distribution of signed distances (in mm) between the Tobacco Idol and the regular ellipsoid. Warm colors represent positive values (where the idol protrudes from the ellipsoid), while cool colors represent negative values (where the ellipsoid protrudes from the idol).

DISCUSIÓN

Los ídolos o cemíes aruacos son representaciones que revelan la relación de las comunidades aborígenes con la naturaleza y sus rituales mágicos religiosos. Según Rangel-Rivero (2019) éstos son obras que manifiestan la motivación humana por describirse, representarse y conocerse. A lo largo de todas las Antillas, los ídolos precolombinos comparten algunas semejanzas identificativas. En el del presente estudio son notables la figura antropomorfa, la diadema, el ombligo, la columna y los genitales.

La morfometría con el uso de modelos 3D obtenidos por fotogrametría ya ha sido utilizada en los estudios

de arte rupestre y objetos líticos, de manera que ha facilitado realizar restauraciones y estudios en piezas antiguas (Curletto y Angiorama, 2019; Moreno y Débora, 2020). Los resultados de la comparación de las mediciones físicas realizadas en este estudio sobre el ídolo del Tabaco, con las digitales, prueban una vez más que la fotogrametría es una herramienta precisa para la realización de este tipo de modelos 3D. La precisión espacial alcanzada por el modelo digital permite su uso para estudios y descripciones morfométricas precisas. Este tipo de trabajo es muy escaso en las prácticas arqueológicas cubanas. Tucci *et al.* (2018) mencionaron que en el proyecto Innova Cuba, se tomaron dos piezas precolombinas del Instituto Cubano de Antro-

pología, para ejemplificar el uso de modelos 3D para visualizar estos objetos en otros lugares.

Los análisis morfológicos precisos facilitan la comprensión del objeto, su origen, usos y conservación (Mathys *et al.*, 2019). Como se ha mencionado en varios espacios, el registro arqueológico en este siglo se hace más necesario y cada vez se tiene más información, y la fotogrametría ayuda a realizar y completar con calidad este tipo de documentación, al facilitar y agilizar el trabajo con menos tiempo e inversión de recursos.

En comparación con el uso de escáneres 3D, la fotogrametría se posiciona como una herramienta más barata, capaz de producir modelos cuya precisión es similar a la de los escáneres y que, a diferencia de estos, es capaz de representar el color de las superficies en una alta resolución (Fourie *et al.*, 2011; Wong *et al.*, 2008). El gran tamaño de la pieza también limita las opciones de escáneres utilizables. La principal desventaja de la fotogrametría es la referida a la calidad de las fotografías, ya que la reconstrucción del modelo depende, en gran medida, de la resolución de estas. Sin embargo, la creación de una textura es fundamental para la conservación de este tipo de piezas, sobre todo de cara a su visualización por parte del público. De hecho, la utilización de una textura en alta resolución, como es el caso, permite que el modelo luzca apropiado y realista para el observador, aun cuando se reduce significativamente el número de polígonos de la malla. Esta reducción de la malla disminuye el peso del fichero del modelo y permite colocarlo en páginas web, intercambiarlo por vía de correo electrónico o en publicaciones digitales de forma interactiva, en las que da mayor información al espectador que una imagen o fotografía (Denis y Gómez-García, 2019), sin elevar demasiado el peso del fichero.

En el modelo obtenido y la descripción de su superficie se observan las regiones con incisiones profundas donde pudo haber incrustaciones ya que, según el estudio de Zaldívar (2003), en algunas de estas se aprecia la huella de una sustancia resinosa que debió servir de pegamento de algún adorno de concha o guanín. La postura de este cemí y de otros similares se ha interpretado como un estado de trance y se caracterizan por la presencia de ojos cerrados, lagrimeo, dientes expuestos, columna vertebral, costillas remarcadas y órgano sexual erecto (Caputo Jaffé, 2018). Según Rangel-Rivero (2019) aún no se ha practicado un estudio de los trazos y posibles útiles manipulados en la talla y una pesquisa sobre las huellas en esta pieza pudiera cambiar o incrementar las hipótesis sobre esta pieza, para

lo cual el modelo 3D puede ser una herramienta útil.

Existen otros cemíes que pudiesen tener similitudes con el referente de este estudio, incluso procedentes de otros países caribeños como República Dominicana o Jamaica. En Cuba, resalta el ídolo de Chambas o también llamado por algunos autores como ídolo de la fertilidad, encontrado en la actual provincia de Ciego de Ávila. Es una figura masculina tallada en madera de guayacán, de cuerpo alargado y en postura acucillado o sentada, con una cabeza desproporcionada con relación al cuerpo. Es notable en este la presencia de una diadema o banda decorativa, así como orejas sobresalientes y ojos ahuecados en forma circular, preparados para incrustaciones y mediante incisiones se han detallado los rasgos del cuerpo, la mano y la columna (de Lima, 2008). Sin embargo, ninguno de estas otras piezas se encuentran digitalizadas o accesibles para su estudio, lo que dificulta realizar comparaciones morfométricas que pudiesen revelar similitudes entre la cultura aborigen de las diferentes regiones del Caribe (Kerchache, 1994).

El presente estudio apoya la importancia de la digitalización del patrimonio cultural de Cuba, ya que mediante el uso de los modelos 3D como objetos de estudio, se pueden conservar de forma más eficiente las piezas de gran valor patrimonial como la de este estudio, para la cual existen determinadas políticas que rigen su protección por lo que no siempre es posible el acceso físico a ellas. Los modelos 3D posibilitan que haya un registro digital detallado de la pieza original y viabiliza el acceso, tanto a otros investigadores que pueden acceder a la información de las piezas para estudios sin necesidad de manipular los originales, como para exhibiciones virtuales en escuelas, eventos científicos e instituciones alejadas, lo cual de otra manera sería muy complejo. Por otro lado, con los modelos 3D se pueden realizar mediciones más precisas que con las fotografías, gracias a la dimensión extra, lo que permite, a su vez, caracterizaciones más acertadas de la forma de los objetos.

La fotogrametría como una técnica de alcance comunitario, involucra a audiencias diversas desde comunidades de origen hasta coleccionistas de artefactos. La tecnología 3D debe ser parte de un acercamiento comprensivo a la preservación de la herencia del patrimonio cultural arqueológico y colecciones etnográficas (Magnani *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

Este constituye el primer estudio morfométrico realizado sobre el Ídolo del Tabaco de Cuba, incluyendo un

análisis de asimetría lateral. La comparación con otros cemíes de otras culturas caribeñas podría revelar similitudes culturales, sin embargo esto se hace difícil dada la ausencia de cemíes digitalizados o accesibles para su estudio.

Los resultados de este trabajo demuestran que la fotogrametría es una herramienta precisa para la digitalización de piezas arqueológicas y para la realización de estudios morfométricos de este tipo. El uso de modelos 3D da una nueva dimensión a los estudios de este tipo, permite obtener resultados más acertados y facilita su comprensión.

La digitalización de objetos arqueológicos permite no solo su estudio sin dañar el material original, sino que aumenta la accesibilidad al mismo. Los modelos 3D son un recurso valioso que podría ser aprovechado creando colecciones virtuales para que tanto investigadores como estudiantes puedan acceder a ellos. Este trabajo constituye el primer paso a la digitalización de las colecciones del Museo Antropológico Montané, permitiendo un mayor acceso a las piezas de la misma y su conservación en formato digital.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Dennis Denis la revisión y comentarios sobre el manuscrito original.

INFORMACIÓN ADICIONAL

El modelo mencionado en este trabajo, en su resolución original, se encuentra disponible en <http://www.sketchfab.com>

LITERATURA CITADA

AAbel, R. L., C. R. Laurini y M. Richter (2012) A palaeobiologist's guide to 'virtual' micro-CT preparation. *Palaeontology Electronica*, 15(2): 1-16.

Adams, D. C., F. J. Rohlf y D. E. Slice (2004) Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71(1): 5-16.

Adams, D. C., F. J. Rohlf y D. E. Slice (2013) A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix*, 24(1): 7.

Bishop, P. J., A. R. Cuff y J. R. Hutchinson (2020) How to build a dinosaur: Musculoskeletal modeling and simulation of locomotor biomechanics in extinct animals. *Paleobiology*, 1-38.

Buser, T. J., B. L. Sidlauskas y A. P. Summers (2018) 2D or not 2D? Testing the utility of 2D vs. 3D landmark data in geometric morphometrics of the sculpin subfamily Oligocottinae (Pisces; Cottoidea)

The Anatomical Record, 301(5): 806-818.

Caputo Jaffé, A. (2018) Horizontes iconográficos en Venezuela: diferencias regionales e históricas. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 23(1): 11-27.

Cardini, A., y M. Chiapelli (2020) How flat can a horse be? Exploring 2D approximations of 3D crania in equids. *Zoology*, 139, 125746.

Curletto, S. R., y C. Angiorama (2019) Arte Rupestre y Morfometría Geométrica. Las manifestaciones rupestres de camélidos en el sur de Pozuelos (Puna de Jujuy, Argentina): durante los Desarrollos Regionales (900-1430 DC) *Complutum*, 30(2): 415-443.

de Lima, L. M. (2008) Las antiguas culturas del archipiélago cubano. *Estudios*, (21): 227-240.

De Reu, J., P. De Smedt, D. Herremans, M. Van Meirvenne, P. Laloo, y W. De Clercq (2014) On introducing an image-based 3D reconstruction method in archaeological excavation practice. *Journal of Archaeological Science*, 41, 251-262.

Denis, D., y A. J. Gómez-García (2019) Potencialidades de los modelos 3D interactivos para la publicación de investigaciones morfométricas/Potential of interactive 3D models in morphometric research papers. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 7(2): 1-8.

Erickson, G. M., B. A. Krick, M. Hamilton, G. R. Bourne, M. A. Norell, E. Lilleodden, y W. G. Sawyer (2012) Complex dental structure and wear biomechanics in hadrosaurid dinosaurs. *Science*, 338(6103): 98-101.

Ferrari, E., M. Gallo, C. Wang, L. Zhang, M. Taramasso, F. Maisano,... y L. K. von Segesser (2020) Three-dimensional printing in adult cardiovascular medicine for surgical and transcatheter procedural planning, teaching and technological innovation. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*, 30(2): 203-214.

Fourie, Z., J. Damstra, P. O. Gerrits, y Y. Ren (2011) Accuracy and repeatability of anthropometric facial measurements using cone beam computed tomography. *The Cleft palate-craniofacial journal*, 48(5): 623-630.

Galeazzi, F., M. Callieri, M. Dellepiane, M. Chamo, J. Richards, y R. Scopigno (2016) Web-based visualization for 3D data in archaeology: The ADS 3D viewer. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, 1-11.

Giacomini, G., D. Scaravelli, A. Herrel, A. Veneziano, D. Russo, R. P. Brown, y C. Meloro (2019) 3D photogrammetry of bat skulls: Perspectives for macro-evolutionary analyses. *Evolutionary Biology*, 46(3): 249-259.

Gould, F. D. (2014) To 3D or not to 3D, that is the question: do 3D surface analyses improve the ecomorphological power of the distal femur in placental mammals?. *PloS one*, 9(3): e91719.

Gunz, P., y P. Mitteroecker (2013) Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix, the Italian journal of mammalogy*, 24(1): 103-109.

Hermoza, R., y I. Sipiran (2018) 3D reconstruction of incomplete archaeological objects using a generative adversarial network. In *Proceedings of Computer Graphics International 2018* (pp. 5-11)

ALEJANDRO JOSÉ GÓMEZ-GARCÍA Y JORGE LUIS GÁLVEZ SOLER

- Katz, D., y M. Friess (2014) 3D from standard digital photography of human crania—a preliminary assessment. *American Journal of Physical Anthropology*, 154(1): 152-158.
- Kerchache, J. (1994) *L'Art Taïno: L'Art des Sculpteurs Taïnos Chefs-D'œuvre des Grandes Antilles Précolombiennes*. Musees de la Ville de Prais, Musee du Petite Palais, Paris.
- Magnani, M., M. Douglass, W. Schroder, J. Reeves, y D. R. Braun (2020) The Digital Revolution to Come: Photogrammetry in Archaeological Practice. *Am. Antiq.*, 1-24.
- Mallison, H., y O. Wings (2014) Photogrammetry in paleontology—a practical guide. *Journal of Paleontological Techniques*, 12(12): 1-31.
- Martínez-Fernández, A., A. Benito-Calvo, I. Campaña, A. I. Ortega, T. Karampaglidis, J. M. B. de Castro, y E. Carbonell (2020) 3D monitoring of Paleolithic archaeological excavations using terrestrial laser scanner systems (Sierra de Atapuerca, Railway Trench sites, Burgos, N Spain) *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 19, e00156.
- Mathys, A., R. Jadinon, y P. Hallot (2019) Exploiting 3D multispectral texture for a better feature identification for cultural heritage. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(W6): 91-97.
- Medina, J. J., J. M. Maley, S. Sannapareddy, N. N. Medina, C. M. Gilman, y J. E. McCormack (2020) A rapid and cost-effective pipeline for digitization of museum specimens with 3D photogrammetry. *Plos one*, 15(8): e0236417.
- Moon, D., S. Chung, S. Kwon, J. Seo, y J. Shin (2019) Comparison and utilization of point cloud generated from photogrammetry and laser scanning: 3D world model for smart heavy equipment planning. *Automation in Construction*, 98, 322-331.
- Moreno, E., y D. Egea (2020) Aportes de talla experimental y morfometría geométrica para el estudio de la tecnología lítica en cuarzo. *Revista del Museo de Antropología*, 13(1)
- Moroni, L., J. A. Burdick, C. Highley, S. J. Lee, Y. Morimoto, S. Takeuchi, y J. J. Yoo (2018) Biofabrication strategies for 3D in vitro models and regenerative medicine. *Nature Reviews Materials*, 3(5): 21-37.
- Muñoz-Muñoz, F., M. Quinto-Sánchez, y R. González-José (2016) Photogrammetry: a useful tool for three-dimensional morphometric analysis of small mammals. *Journal of zoological systematics and evolutionary research*, 54(4): 318-325.
- Navarro, N., y A. M. Maga (2016) Does 3D phenotyping yield substantial insights in the genetics of the mouse mandible shape?. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 6(5): 1153-1163.
- Osaki, T., S. G. Uzel, y R. D. Kamm (2020) On-chip 3D neuromuscular model for drug screening and precision medicine in neuromuscular disease. *Nature protocols*, 15(2): 421-449.
- Otero, A., A. P. Moreno, P. L. Falkingham, G. Cassini, A. Ruella, M. Militello, y N. Toledo (2020) Three-dimensional image surface acquisition in vertebrate paleontology: a review of principal techniques. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 20(1)
- Puliti, S., J. P. Dash, M. S. Watt, J. Breidenbach, y G. D. Pearse (2020) A comparison of UAV laser scanning, photogrammetry and airborne laser scanning for precision inventory of small-forest properties. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 93(1): 150-162.
- Rahaman, H., E. Champion, y M. Bekele (2019) From photo to 3D to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 13, e00102.
- Rangel-de Lázaro, G., A. Martínez-Fernández, A. Rangel-Rivero, y A. Benito-Calvo. (2021) Shedding light on pre-Columbian crania collections through state-of-the-art 3D scanning techniques. *Virtual Archaeology Review*, 12(24): 1-10.
- Rangel-Rivero, A. (2019) *Antropología en Cuba. Orígenes y desarrollo*. Editorial Universitaria Félix Varela. La Habana, Cuba.
- Rangel-Rivero, A., y V. Vázquez-Sánchez (2018) El Museo Antropológico Montané, ciento quince años después de su fundación: nuevos retos. *Cuba Arqueológica: Revista Digital de Arqueología de Cuba y el Caribe*. 11(2): 5-22.
- Rossi, C., C. Achille, F. Fassi, F. Lori, F. Rechichi, y F. Fiorillo (2020) Digital Workflow to Support Archaeological Excavation: From the 3D Survey to the Websharing of Data. *Innovative Models for Sustainable Development in Emerging African Countries*, 149.
- Ruthensteiner, B., y M. Heß (2008) Embedding 3D models of biological specimens in PDF publications. *Microscopy research and technique*, 71(11): 778-786.
- Sapirstein, P. (2016) Accurate measurement with photogrammetry at large sites. *Journal of Archaeological Science*, 66, 137-145.
- Slice, D. E. (2005) *Modern morphometrics. In Modern morphometrics in physical anthropology* (pp. 1-45) Springer, Boston, MA.
- Tucci, G., A. Conti, L. Fiorini, F. Mei, y E. I. Parisi (2018) Digital photogrammetry as a resource for cuban cultural heritage: educational experiences and community engagement within the Innova Cuba project. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing y Spatial Information Sciences*, XLIII(5)
- Wasiljew, B. D., J. Pfaender, B. Wipfler, I. V. Utama, y F. Herder (2020) Do we need the third dimension? Quantifying the effect of the z-axis in 3D geometric morphometrics based on sailfin silversides (Telmatherinidae) *Journal of Fish Biology*, 97(2): 537-545.
- Wong, J. Y., A. K. Oh, E. Ohta, A. T. Hunt, G. F. Rogers, J. B. Mulliken, y C. K. Deutsch (2008) Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 45(3): 232-239.
- Yamafune, K., R. Torres, y F. Castro (2017) Multi-image photogrammetry to record and reconstruct underwater shipwreck sites. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 24(3): 703-725.
- Zaldívar, M. (2003) El Cemí del Tabaco del Museo Antropológico Montané. *Revista Catauro*. (8): 178-198.



Los resultados publicados en la Revista Cubana de Ciencias Biológicas se presentan bajo la Creative Commons Attribution License 4.0.