



---

---

76.

**LA PRODUCCIÓN DE FIGURILLAS,  
SELLOS Y SILBATOS: EL USO  
DE LA TECNOLOGÍA LÁSER 3D  
PARA EVALUAR ESTANDARIZACIÓN  
EN ARTEFACTOS CERÁMICOS**

---

---

*Virginia Ochoa-Winemiller y Terance L. Winemiller*

XXVIII SIMPOSIO DE INVESTIGACIONES  
ARQUEOLÓGICAS EN GUATEMALA

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA Y ETNOLOGÍA  
14 AL 18 DE JULIO DE 2014

*EDITORES*  
BÁRBARA ARROYO  
LUIS MÉNDEZ SALINAS  
LORENA PAIZ

---

---

REFERENCIA:

Ochoa-Winemiller, Virginia y Terance L. Winemiller  
2015 La producción de figurillas, sellos y silbatos: el uso de la tecnología láser 3D para evaluar estandarización en artefactos cerámicos. En *XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2014* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y L. Paiz), pp. 941-952. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# LA PRODUCCIÓN DE FIGURILLAS, SELLOS Y SILBATOS: EL USO DE LA TECNOLOGÍA LÁSER 3D PARA EVALUAR ESTANDARIZACIÓN EN ARTEFACTOS CERÁMICOS

Virginia Ochoa-Winemiller  
Terance L. Winemiller

## PALABRAS CLAVE

Belice, México, Honduras, figurillas, moldes, escaneo tridimensional, prehistoria.

## ABSTRACT

*One daunting question encountered in the research of prehistoric modeled artifacts is if they were manufactured in a standardized way and if traditional ceramic analysis can demonstrate it. To infer standardization and mass-production, a correlation must be established between mold and the mold-made artifact. This paper presents the results obtained from analysis of sample collections from Belize, Mexico, and Honduras by integrating data derived from modern laser 3D scanning technology. Analysis employed several software applications developed for metrological analyses to test goodness of fit and mesh deviation among ceramic artifacts and molds. Methods described in this paper have implications for modal analyses of ceramic artifacts as well.*

Los moldes, las figurillas, los sellos y los silbatos cerámicos se han encontrado en contextos arqueológicos alrededor del Nuevo Mundo. Dichos descubrimientos presentan problemas formidables a los arqueólogos utilizando métodos tradicionales de análisis cerámico como en el caso de unir figurillas con moldes, el demostrar que dos figurillas comparten la misma fuente o en la determinación de si los artefactos similares representan estandarización o la producción en masa. Varias colecciones cerámicas procedentes de sitios arqueológicos donde se han recobrado cantidades de figurillas y moldes de barro incluyen objetos con una variabilidad leve en los elementos decorativos (Feinman 1999). La evidencia sugiere la posible existencia de un nivel de estandarización en el cual modificaciones a un tema o estilo básico fueron realizadas por cada artesano individual con la intención de atraer los mercados locales (Joyce 2005; Lopiparo y Hendon 2009). Una cara o forma

antropomórfica o representación en particular pudo haber sido producida con barro en forma masiva, posiblemente de un molde elaborado de un tallado original y decorado con una variedad de turbantes, peinados, ropaje, cetros y otros objetos de autoridad, o joyería distintiva. Las modificaciones a la misma forma humana posiblemente diferenciaban a los individuos representados basándose en afiliación cultural o lingüística de la misma manera que los vestuarios únicos logran hoy en día entre los grupos étnicos Mayas contemporáneos (Joyce 2005; Lopiparo y Hendon 2009).

La tecnología de escaneo laser combinada con el análisis de desviación tridimensional se puede utilizar para establecer el origen común y la estandarización en la producción cerámica así como para cuantificar el grado de similitud tridimensional entre aquellos objetos que comparten formas o elementos decorativos.

## ¿POR QUE ESTUDIAR FIGURILLAS CERÁMICAS?

Hay varias razones por las cuales el estudio de figurillas, silbatos y sellos contribuyen a un mejor entendimiento de las formas de vida prehistóricas. Con frecuencia, los estudios de las figurillas moldeadas se han enfocado en demostrar si existe o no una relación causal entre variables como el incremento de la especialización artesanal, la estandarización y la complejidad social (Bill 1997; Fry 2013; Rice 1987; Sharer 2005; West 2002) o con la finalidad de revelar el simbolismo y ritual asociados a los mismos (Joyce 2005; Lopiparo 2006; Lopiparo y Hendon 2009; Marcus 1996, 1998). Sin embargo, el empleo de técnicas metrológicas laser modernas en la cuantificación del grado de variabilidad entre artefactos u objetos similares no se ha llevado cabo. Como regla, la producción en masa de objetos cerámicos en contextos a lo largo de Mesoamérica parece haber ocurrido en áreas domésticas y no en escenarios tipo fabricas (Feinman 1999). Fry (2013:75-76) citando a Culbert y Price (1990) nota que los sistemas de producción y distribución de la cerámica estaban adecuadamente desarrollados para el periodo Clásico con el consumo tanto de las elites como el de la población en general manteniéndose elevados a lo largo de los periodos Clásico Tardío y Terminal y menciona su reserva hacia intentos previos que históricamente han empleado medidas recopiladas manualmente y excesivamente como en el caso de los diámetro de bordes para determinar el grado de especialización en la producción cerámica Maya (Rice 1981, 1991; Beaudry 1984, 1987; Foias y Bishop 1997). Además de la producción en masa de productos moldeados, probablemente la estandarización también fue parcialmente sustentada a través del comercio de moldes; sin embargo, el intercambio de moldes a gran escala no se ha demostrado con evidencia conclusiva.

Arnold (1999:64) menciona las ventajas relacionadas con el uso de cerámica moldeada las cuales incluyen la habilidad de crear formas que de otra forma serian imposibles de elaborar así como la reducción significativa de las demandas en la habilidad del alfarero. El hecho de que los moldes existen presume la estandarización, producción y transmisión de ideas simbolizadas y absorbidas por la cultura material. El incremento en la eficacia resultado de las economías de escalas es un beneficio de las cerámicas moldeadas (Arnold 1985; Rice 1981).

La evidencia arqueológica del Valle de Ulúa en Honduras sugiere que las figurillas moldeadas se produjeron en talleres domésticos localizados en agrupamientos de grupos de patio representado comunidades

sociales (Faust y Halperin 2009; Joyce 2005; Lesure 2011; Lopiparo 2006; Lopiparo y Hendon 2009; Marcus 1996, 1998). Los autores de estos estudios sugieren que los artefactos se consumieron localmente como objetos partícipes en las actividades cíclicas o rituales. Con seguridad, ciertas figurillas, silbatos y vasijas incluían símbolos reconocidos universalmente constituyendo ideologías compartidas las cuales encontraron su camino en las economías regionales. Además, tendría que haber demanda suficiente para la producción en masa de productos locales. Es esencial el determinar las fuentes de estos artefactos a fin de inferir las relaciones de interacción y las creencias comunes. También es probable que algunos moldes utilizados en la producción cerámica se elaboraran con materiales perecederos como la madera los cuales no se preservarían adecuadamente en la mayoría de los medios ambientes. La tecnología laser tiene el potencial de revelar las impresiones de las formas originales utilizadas en la fabricación de los moldes.

Los sellos se han encontrado en contextos arqueológicos también y seguramente fueron utilizados en la reproducción de diseños o temas repetitivos en vasijas cerámicas así como en otros materiales. Los sellos se utilizaron para la producción de temas redundantes como en el caso del diseño superficial estampado tipo paddle en la cerámica encontrada a lo largo del suroeste de los Estados Unidos (Wallis 2013) y para expresar mensajes como en el caso del sello con el diseño complejo de mono (Fig.1) procedente de Honduras, una temática que aparece en una variedad de contextos a lo largo de Mesoamérica y el área intermedia.

Independientemente de si la estandarización es considerada un marcador en el incremento de la complejidad social o como un mecanismo para la transmisión de la ideología, el demostrar su existencia es esencial para el entendimiento de las sociedades prehistóricas. Los procedimientos desarrollados en este estudio proporcionan los medios para establecer las relaciones entre los artefactos. ¿Qué nivel de estandarización, si alguno, se demuestra en el registro arqueológico? Y de ser así ¿hay algunas instancias en donde los temas universales (quizás un tema antropomórfico particular o característica facial) fueron integrados a la figurilla, silbato o elemento decorativo en donde el alfarero pudo, durante el proceso creativo, añadir características distintivas adicionales como un estilo de peinado, vestuario, tocado o cetro a fin de expresar la memoria social? La tecnología laser combinada con el análisis de superficie tiene el potencial de revelar si existió un nivel de estandarización.

## LAS INVESTIGACIONES PRESENTES

A fin de demostrar la estandarización o producción en masa de artefactos cerámicos moldeados que comparten temas aparentemente comunes, se debe establecer la conexión entre el molde y su figurilla o silbato derivados o el sello en particular y su impresión en la superficie de la vajilla o en los tiestos. En el pasado, se realizaban observaciones visuales y se tomaban medidas físicas cuya interpretación se utilizaba en la identificación de similitudes y diferencias en las formas diagnósticas. Se utilizó una combinación de láser o escaneo de fuente luminosa y un programa diseñado para cuantificar variación entre superficies tridimensionales (desviación de superficie) para examinar la efectividad de dichas tecnologías como indicadores más precisos y confiables de las similitudes que los métodos tradicionales de análisis. Los resultados se expresan como el porcentaje que el área superficial de un objeto que encaja dentro los rangos definidos por el usuario de la distancia en el espacio hacia una superficie secundaria. Cuanto más pequeño sea el porcentaje de desviación de superficie identificado entre el molde y la figurilla o entre objetos similares, lo más probable que los artefactos compartan un origen común y por lo tanto representan la estandarización o la producción en masa.

Se escaneó con un láser tridimensional de línea y se analizó la bondad de ajuste de moldes, figurillas y silbatos cerámicos provenientes de Honduras y almacenados en las colecciones del *Middle American Research Institute* en la Universidad de Tulane, así como artefactos recobrados de las excavaciones en el sitio arqueológico de Calakmul y almacenados en la Universidad Autónoma de Campeche y una variedad de figurillas, silbatos y elementos decorativos cerámicos de los sitios de Baking Pot, Cahal Pech y Xunantunich Belice con el permiso del Instituto de Arqueología de Belice y el Instituto Nacional de Cultura e Historia (NICH). También se han analizado fragmentos de vasijas estampadas recobradas de varios sitios en el sureste de los Estados Unidos. Se utilizaron dos aplicaciones diferentes en el análisis de las nubes de puntos derivadas del proceso de escaneo. Después del escaneo a alta definición de cada objeto, las capas sobrepuestas de las geometrías derivadas de siete lecturas de superficie se alinearon iterativamente en modelos de múltiples capas para posteriormente fusionarse las capas en una representación tridimensional con un error de tolerancia de  $\pm 0.001$  plg entre todos los despliegues de puntos. Los derivados se transformaron a modelos de Language de Teselación Estandar (STL),

esto es representaciones de las geometrías de superficie de objetos tridimensionales que no tienen modelos de color, textura u otros atributos tipo CAD. Los modelos de superficie del molde y la figurilla que inicialmente fueron emparejados visualmente basándose en puntos de control fueron sujetos de un proceso de emparejamiento asistido por la computadora similar al alineamiento y la fusión. La variación superficial entre los dos objetos se expresó como un coeficiente de desviación de malla y representó gráficamente como una variación de valores RGB.

Los procedimientos empleados en la comprobación de la producción de artefactos cerámicos manufacturados en masa se adaptaron parcialmente de las prácticas comunes utilizadas en el sector privado para determinar el desgaste de superficie en las partes de motores así como en la bondad de ajuste en productos moldeados. Además de la determinación de la bondad de ajuste (esto es la correlación entre el molde y la pieza producida), los métodos descritos pueden utilizarse para determinar la estandarización en el diámetro de bordes, la grosura de paredes y la configuración de las bases proporcionando categorías modales para las vasijas cerámicas (ver Rice 1987: 212 respecto al análisis modal).

## MÉTODOS

Tanto los escáneres láser portables como los escáneres láser de brazo son muy útiles para el escaneo y reproducción de nubes de punto así como para la representación tridimensional de artefactos. La nube de puntos y las superficies de malla derivadas de los objetos escaneados hacen posible la producción de medidas precisas de las dimensiones superficiales, los volúmenes, así como posibilitan las comparaciones geométricas de molde a molde, molde a figurilla, figurilla a figurilla, sello a sello y sello a vasija (Fig.2).

La metrología tridimensional involucra una serie de operaciones en la captura de la geometría superficial de los objetos con un alto grado de veracidad y utiliza dichos datos en la determinación de la bondad de ajuste de los objetos moldeados. Previo al escaneo, se realiza un examen visual del objeto a fin de identificar características superficiales distintivas las cuales pueden proporcionar resultados no tan deseados pero que facilitarían la determinación de la orientación ideal del artefacto sobre la plataforma de escaneo. Las superficies cóncavas y convexas deben posicionarse de tal manera que se maximice la superficie expuesta al láser desde todas las posiciones de las facetas. El vidrio, las superficies

con engobe, las superficies líticas pulidas (en particular la obsidiana), los objetos negros o de color oscuro, así como metálicos brillosos, transparentes o translúcidos interactúan de una manera pésima con el laser y pueden requerir la aplicación de polvo a fin de que las superficies se pongan ásperas antes del escanearlas. Las superficies con decoración ya sea pintada, incisa o estampada producirán resultados variados dependiendo de la geometría superficial y de los ángulos de incidencia. Los diseños pintados requieren un análisis de textura separado. Los diseños de superficie en artefactos cerámicos se pueden comparar utilizando métodos para la detección de los cambios y la caracterización desarrollados para los datos satelitales. En el presente análisis, varios de los artefactos con diseños decorativos produjeron texturas ligeramente variadas en las representaciones tridimensionales lo cual puede ser de gran ayuda en el análisis comparativo. En dichos casos, se pueden lograr comparaciones precisas si la superficie está grabada lo suficientemente profunda para retener características que se pueden medir después del alineamiento y la fusión de las facetas escaneadas. La superficie de varios artefactos incluye impresiones que posiblemente representan las huellas digitales del alfarero.

Durante el proceso de escaneo, el objetivo rota aproximadamente 45 grados siete veces mientras se registran las facetas. También, se captura una foto de alta resolución del objeto en cada uno de los puntos estacionarios en el proceso de escaneo, las cuales automáticamente se unen en forma de mosaico y pueden visualizarse como textura aplicada. Bajo las condiciones ideales, los escaneos de alta resolución producen una densidad de puntos de aproximadamente 400 localidades por plg cubica los cuales resultan en una superficie tridimensional extremadamente detallada. Se pueden escanear objetos de cualquier tamaño con la tecnología HD; sin embargo, los objetos de piedra tallada como el ilustrado en la Fig.3 producen bases de datos robustas y por lo tanto el procesamiento de los datos RAW requiere mucha memoria y pases múltiples.

Las facetas escaneadas se unen utilizando un algoritmo de auto correlación el cual empareja los vértices de la malla utilizando ya sea los puntos de control definidos por el usuario o un proceso automatizado. Basado en los parámetros definidos por el usuario, el algoritmo iterativo descarta los puntos individuales que se encuentran afuera de las tolerancias útiles mientras se elabora el archivo STL. A veces es necesaria una etapa de alisamiento si las superficies generadas durante el escaneo inicial incluyen áreas vacías o puntas. Se debe

de evitar cualquier mejora que resulte en una marcada modificación de la superficie ya que cambian los valores de los datos originales los cuales se utilizan en los cálculos de alineamiento, fusión y desviación. Si se han de realizar análisis geométricos, deben de invertirse los moldes a fin de producir una superficie positiva virtual la cual se fusiona con la figurilla con fines de comparación. Después de la fusión, se analiza la geometría de superficie de la figurilla para la bondad de ajuste con el molde. Si se comparan dos positivos (figurillas) similares, la determinación inicial de los puntos de control correspondientes se llevara a cabo manualmente en un segundo paso en el cual los dos objetos se fusionan utilizando algoritmos nativos. Las texturas de alta resolución registradas durante el escaneo se sobreponen al modelo de malla. Durante el escaneo, se registran porciones de la plataforma de muestreo la cuales deben removerse del archivo antes de exportar el objeto a un formato no registrado (Fig.4). Los datos modelados obtenidos se analizaron tanto en *Rapidform's Rapid Works*, un programa que se diseño exclusivamente para el escáner *Next Engine HD*, como en *Hexagon's PCD-mis Reshaper*. El programa *Reshaper* se diseñó para y es utilizado ampliamente por la industria productora de partes de motores para aviones y automóviles para examinar la bondad de ajuste y el desgaste de partes y por lo tanto tiene un nivel más alto de precisión que el necesitado para la metrología cerámica. En todas las instancias, se deben desarrollar los modelos triangulados de malla de las nubes de puntos antes del análisis de desviación.

El análisis comparativo para el cálculo de la desviación de malla es matemáticamente similar a los algoritmos de alineación y fusión. El métodos desarrollado para completar el análisis de alineamiento, fusión y desviación se basa en los resultados reportados en varios estudios de las relaciones topológicas en los modelos irregulares triangulados y las superficies tridimensionales incluyendo los publicados por Best y McKay (1992), Canann, *et al.* (1998), Chader (2008), Chang y Chen (2011), Curlless y Levoy (1996), Eck, *et al.* 1995), Engin, *et al.* (2011), Mauch (2000) y Roy (2012). La medida de similitud propuesta en este artículo es conceptualmente similar a la distancia Hausdorff, esto es la diferencia entre las superficies en cualquier punto de dos objetos que se han alineado iterativamente dentro de una tolerancia de  $\pm 0.001$  de plg en los puntos de control correspondientes. Durante el análisis de desviación, se registra la medida del espacio entre dos superficies para los nodos correspondientes en los modelos de alineación.

Los modelos STL son el material sin procesar por el proceso iterativo. La eliminación de la información no esencial facilita el alineamiento matemático y el cálculo de la desviación en la geometría de la superficie de malla y los vértices. En la Fig.5, el objetivo, un fragmento de figurilla se procesa utilizando el mismo algoritmo que el modelo de fuente y por lo tanto no hay necesidad de inversión. En este caso, las desviaciones de malla se pueden calcular para cualquier figurilla. Considerando que la fuente representa la forma ideal a ser transferida, el éxito en términos de una desviación cuantificable se calcula y reporta para el objetivo o figurilla que se considera ser el producto de una operación y molde en particular.

Es posible el producir una representación del modelo STL con los puntos incluidos. La nube de puntos de los objetos escaneados también es visible cuando se manipula en el programa. El proceso de alineamiento compara las medidas de los vértices para los triángulos individuales dentro de la malla del objetivo y la superficie. Ultimadamente, el proceso realiza cálculos para miles de vértices de los triángulos y puede llevar mucho tiempo. Después de que el alineamiento óptimo del objeto a la fuente se ha logrado matemáticamente, se pueden visualizar los resultados. En dicho caso, el modelo STL del objetivo se alinea con la representación negativa de la fuente original. El proceso de fusión incluye iteraciones múltiples a fin de reducir el error a una tolerancia aceptable dentro del parámetro de variación de  $\pm 0.001$  de plg entre los nodos correspondientes en las superficies emparejadas.

#### LA EVALUACIÓN DE LA SIMILITUD

Los análisis de desviación producen una medida de variación entre los vértices en los triángulos de la malla y sus parejas equivalentes. Ultimadamente, todos los triángulos son analizados en un proceso por el cual aquellos sin equivalente devuelven el error más alto. Después, se calcula la desviación geométrica de la superficie completa y se representa visualmente como una tonalidad de color RGB que varía del verde (correspondencia total) al rojo (falta de correspondencia). Los resultados en la Fig.6 fueron calculados en el laboratorio *NextEngine* utilizando los valores de los datos originales. El análisis reveló una correlación alta entre la fuente y el objetivo.

Los análisis de desviación y alineamiento se repitieron en el Laboratorio de Investigación Geoespacial en la Universidad Auburn Montgomery (AUM). Los re-

sultados obtenidos por *NextEngine* se confirmaron con una ligera diferencia en la visualización de la desviación la cual fue resultado de las diferentes unidades de medición utilizadas; *NextEngine* reportó la desviación en pulgadas mientras que el estudio de AUM reprodujo los resultados en milímetros. En la Fig.7, el valor en gris claro representa el promedio de las desviaciones de superficie de malla dentro del parámetro estándar de la mitad de un milímetro, un rango de desviación establecido al inicio del examen de la bondad de ajuste. Basándose en estos análisis, se puede concluir con un alto grado de veracidad que en este caso el molde produjo la figurilla. Por lo tanto, se elimina cualquier duda o incertidumbre asociados con las medidas visuales y manuales.

Los resultados de dos variantes de la misma representación facial se muestran en la Fig.8. Los análisis confirmaron que estos objetos se elaboraron utilizando la misma fuente y por lo tanto provienen de un origen común. Los análisis de estos objetos se repitieron utilizando un segundo programa *Hexagon Pcdmis Reshaper*. Los resultados del segundo examen confirmaron los hallazgos del programa *Rapid Works*.

Así también, se escaneo una colección de figurillas, silbatos y muestras que parecían ser elementos decorativos de incensarios y otras formas cerámicas. Los procedimientos y análisis metrológicos empleados en este estudio confirman que los alfareros prehistóricos produjeron formas genéricas moldeadas para después ornamentar los rasgos faciales comunes con características distintivas como el cabello, el tocado, las orejeras y los artículos de vestir las cuales probablemente representaban afiliaciones sociales. La cara en esta pieza moldeada procedente de Cahal Pech, Belice (Fig.9) es similar a otras en las colecciones del sitio de Calakmul.

El silbato con forma canina y el molde en la Fig.10 fueron descubiertos en colecciones procedentes de dos estructuras diferentes en Calakmul. El análisis visual sugiere que el molde corresponde cercanamente con el silbato con forma canina de los orejas en adelante. El análisis en *Rapid Works* y *Reshaper* confirmó que el molde y el silbato se originaron de dos fuentes diferentes. Este caso claramente apoya la inferencia de que caras producidas en masa se ornamentaron con apliques únicos. Como ya se mencionó, la evidencia obtenida por otros investigadores argumenta que el consumo de estos artefactos se llevó a cabo dentro de las comunidades locales.

Desde que los primeros objetos de la colección Stone de Honduras almacenadas en el *Middle Ameri-*

can Research Institute de la Universidad de Tulane se analizaron, también se han estudiado muestras procedentes de México y Belice. Así también, se seleccionaron figurillas y los elementos decorativos de vasijas recobrados en varios sitios de Ecuador que muestran cierto parecido a algunos de los artefactos de Mesoamérica así como del área Intermedia, para el análisis y la comparación con otras colecciones lo cual facilitara el verificar la existencia de alguna forma de intercambio o emulación que haya existido a lo largo del área.

### COMENTARIOS FINALES

En el pasado, las relaciones emanadas del origen común entre las figurillas, así como de los moldes y los artefactos derivados se demostraban a través de las similitudes visuales y las aproximaciones en las medidas físicas. Hoy en día, los arqueólogos pueden utilizar la tecnología laser para producir el análisis comparativo y comprobable de moldes, figurillas y sellos a fin de inferir la producción, el intercambio y las ideologías comunes. Estos procedimientos también se pueden emplear en el análisis modal de vasijas cerámicas y artefactos líticos a fin de eliminar los errores asociados con la metrología física. Además, el laser es útil en la preservación de archivo y el desarrollo de bases de datos volumétricos que pueden ser accesibles a los arqueólogos de una manera remota. La preservación de objetos como superficies digitales tridimensionales permite a los curadores proporcionar a los investigadores el acceso a las colecciones para el análisis comparativo de los artefactos lo cual permite el inferir las relaciones políticas y económicas que hayan existido entre los sitios regionales. El refinamiento de la investigación y los métodos presentados permitirá moldear el futuro del análisis metrológico en la arqueología.

### REFERENCIAS

- ARNOLD, D.E.  
1985 *Ceramic Theory and Cultural Process*. Cambridge University Press, Cambridge.  
1999 Advantages and Disadvantages of Vertical-Half Molding Technology: Implications for Production Organization. En *Pottery and People: A Dynamic Interaction* (edited by J. M. Skibo and G. M. Feinman), pp. 59-80. University of Utah Press, Salt Lake City.
- BEST, P.J. y N.D. McKay  
1992 A Method for Registration of 3D Shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 14(2):239-256.
- BILL, C.R.  
1997 *Patterns of Variation and Change in Dynastic Period Ceramics and Ceramic Production at Copan, Honduras*. Ph.D. Dissertation, Department of Anthropology, Tulane, UMI.
- CANANN, S.A., S.N. Muthukrishnan y R.K. Phillips  
1998 Topological Improvement Procedures for Quadrilateral Finite Element Meshes. *Engineering with Computers* 14:168-177.
- CHADER, M.  
2008 *The Value of 3rd Generation Parametric Modeling from 3D Scan Data*. Society of Manufacturing Engineers. White Paper.
- CHANG, K. y C. Chen  
2011 3D Shape Engineering and Design Parameterization. *Computer-Aided Design & Applications* 8(5):681-692.
- CURLESS, B. y M. Levoy  
1996 A Volumetric Method for Building Complex Models from Range Images. *SIGGRAPH 96 Proceedings of the 23rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*: 303-312.
- ECK, M; T. De Rose, T. Duchamp, H. Hlilpe, M. Lounsbery y W. Stuetzle  
1995 Multiresolution Analysis of Arbitrary Meshes. *SIGGRAPH 96 Proceedings of the 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*: 173-182.
- ENGIN, B.A.; P. Tang, B. Akinci y D. Huber  
2011 Assessment of Quality of As-Is Building Information Models Generated from Point Clouds Using Deviation Analysis. Three Dimensional Imaging and Measurement. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers Proceedings* 7864.
- FAUST, K.A. y C. T. Halperin  
2009 Approaching Mesoamerican Figurines. En *Mesoamerican Figurines: Small-Scale Indices of Large-Scale Social Phenomena* (editado por C. T. Halperin, K. A. Faust, R. Taube and A. Giguët), pp. 1-22. University of Florida Press, Gainesville.

- FEINMAN, G.M.  
1999 Rethinking Our Assumptions: Economic Specialization at the Household Scale in Ancient Ejutla, Oaxaca, Mexico. En *Pottery and People: A Dynamic Interaction* (editado por J. M. Skibo and G. M. Feinman), pp. 81-98. University of Utah Press, Salt Lake City.
- FRY, R.E.  
2013 Ceramic Resemblances, Trade, and Emulation: Changing Utilitarian Pottery Traditions in the Maya Lowlands. En *Ancient Maya Pottery: Classification, Analysis, and Interpretation* (editado por J. J. Aimers), pp. 74-90. University of Florida Press, Gainesville.
- JOYCE, R.A.  
2005 Archaeology of the Body. *Annual Review of Anthropology* 34:139-158.
- LESURE, R.G.  
2011 *Interpreting Ancient Figurines*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LOPIPARO, J.  
2006 Crafting Children: Materiality, Social Memory, and the Reproduction of Terminal Classic House Societies in the Ulua Valley, Honduras. En *The Social Experience of Childhood in Ancient Mesoamerica* (editado por T. Ardren and S. Hutson), pp. 133-168. University Press of Colorado, Boulder.
- LOPIPARO, J. y J.A. Hendon  
2009 Honduran Figurines and Whistles in Social Context: Production, Use, and Meaning in the Ulua Valley. En *Mesoamerican Figurines: Small-Scale Indices of Large-Scale Social Phenomena* (editado por C. T. Halperin, K. A. Faust, R. Taube and A. Giguet) pp. 51-74. University Press of Florida, Gainesville.
- MARCUS, J.  
1996 The Importance of Context in Interpreting Figurines. *Cambridge Archaeological Journal* 6(2):285-291.
- 1998 *Women's Ritual in Formative Oaxaca: Figurine-Making, Divination, Death and the Ancestors*. Memoir 33. Museum of Anthropology. University of Michigan, Ann Arbor.
- MAUCH, S.  
2000 *A Fast Algorithm for Computing the Closest Point and Distance Transform*. Caltech ASCI Technical Report 77.
- RICE, P.M.  
1981 Evolution of Specialized Pottery Production: A Trial Model. *Current Anthropology* 22:219-240.  
1987 Economic Change in the Lowland Maya late Classic. En *Specialization, Exchange, and Complex Societies* (editado por E. M. Brumfiel and T. K. Earle), pp. 76-85. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROY, M.  
2012 *Mesh Comparison Using Attribute Deviation Metric*. Imaging, Robotics, and Intelligent Systems Laboratory of the University of Tennessee. White Paper.
- SHARER, R.J.  
2005 *The Ancient Maya*. 6th ed. Stanford University Press, Stanford.
- WALLIS, N.J.  
2013 The Materiality of Signs: Enchainment and Animacy in Woodland Southeastern North American Pottery. *American Antiquity* 78(2):207-226.
- WEST, G.  
2002 Ceramic Exchange in the Late Classic and Postclassic Maya Lowlands: A Diachronic Approach. En *Ancient Maya Political Economics* (editado por M. A. Mason and D. Freidel), pp. 140-196. Altamira Press, Walnut Creek, CA.

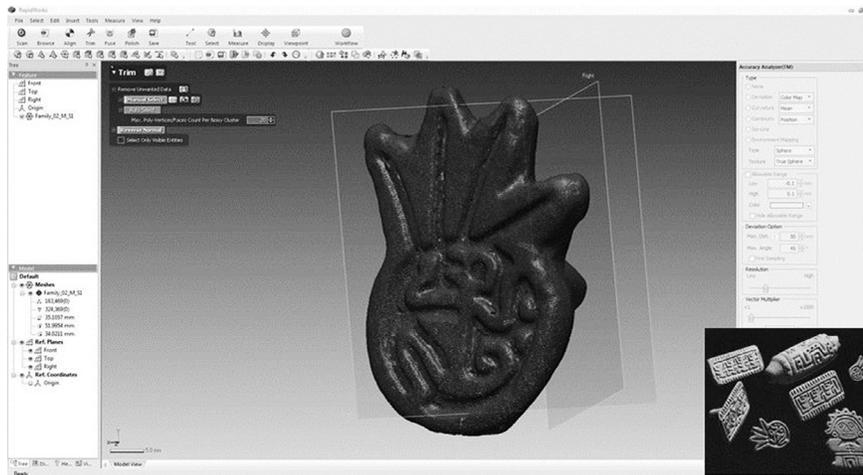


Fig.1: Sello cerámico con grabado representando a un posible primate procedente del Río de Ulúa, Honduras (Joyce 1993:260).

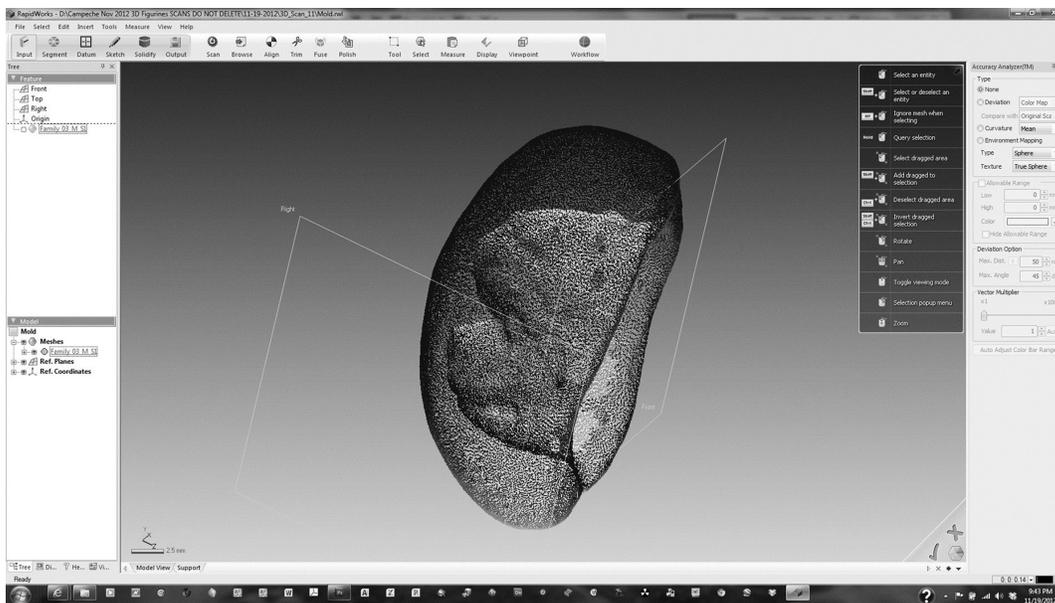


Fig.2: Nube de puntos derivada de un escaneo de línea laser de un molde pequeño cerámico revelando la impresión negativa de la cara de un can la cual fue presionada en arcilla suave para producir silbato cerámico. Colección cerámica de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

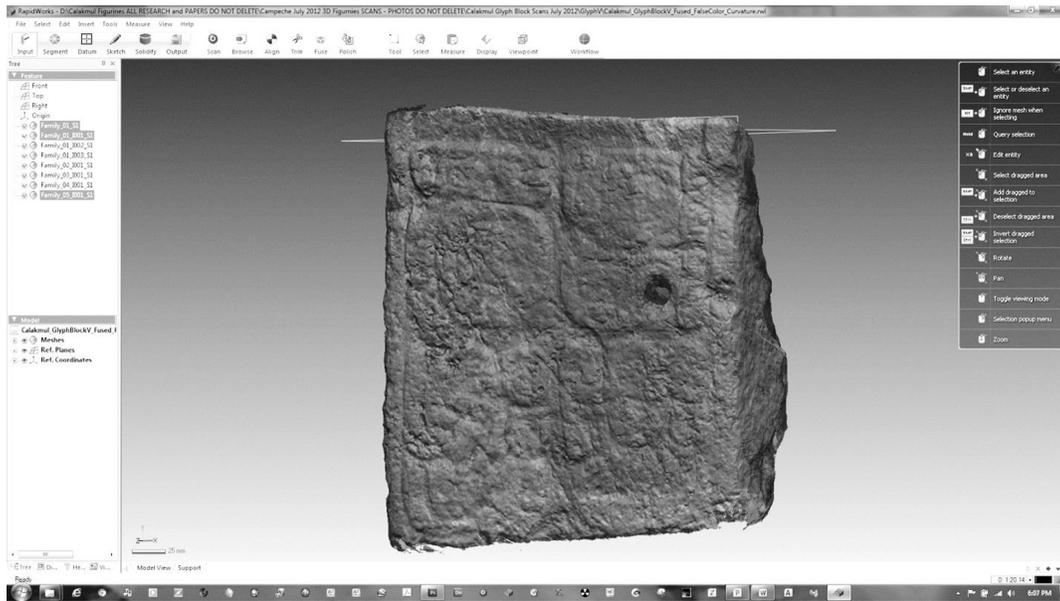


Fig.3: Bloque de piedra de gran tamaño con escritura jeroglífica escaneado utilizando un escáner laser de línea. Colección de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

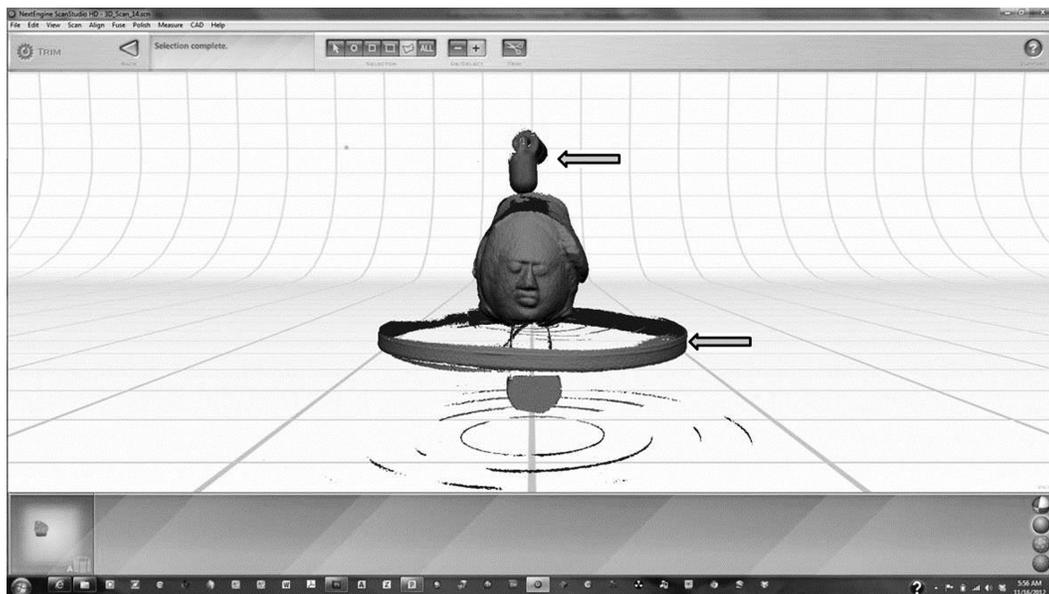


Fig.4: Remoción manual de la plataforma y abrazadera antes de la fusión de las facetas en el archivo de malla tridimensional. Colección cerámica de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

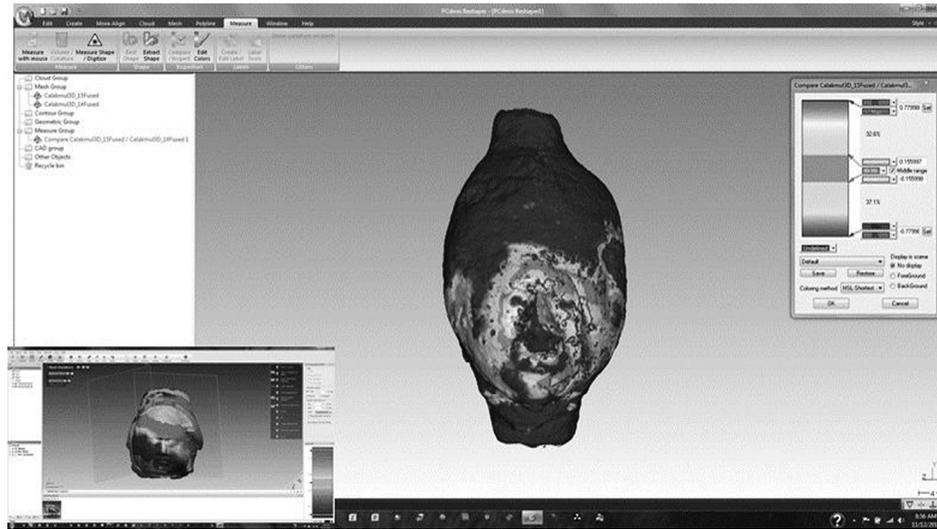


Fig.5: Dos modelos de malla derivados de los fragmentos de una figurilla se fusionan a fin de llevar a cabo el análisis de desviación. Colección cerámica de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

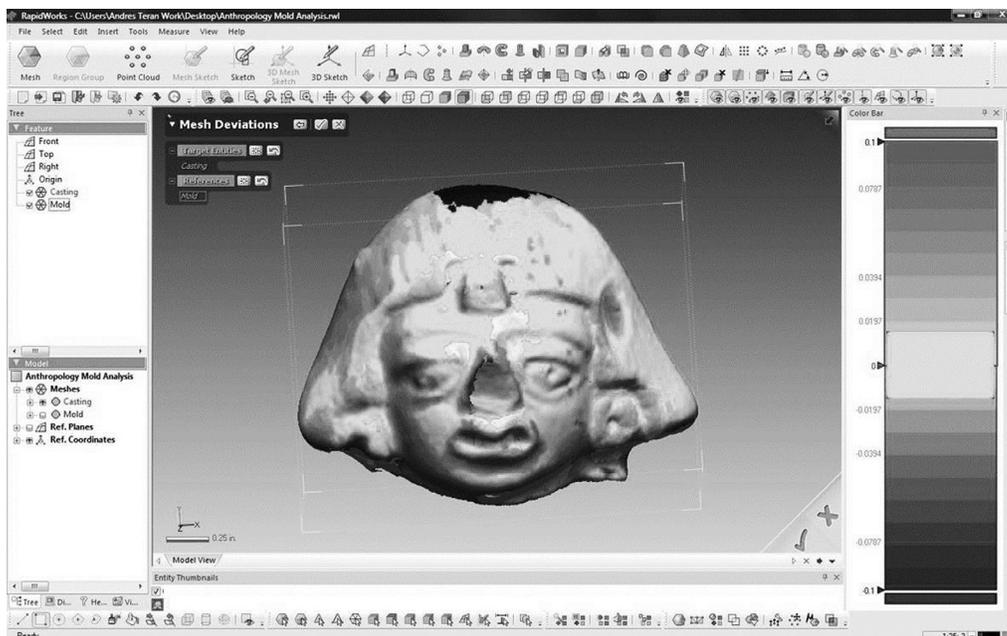


Fig.6: Resultados de la desviación de malla NextEngine. El color gris claro indica no desviación entre las superficies. Los resultados se reportan en milésimas de pulgada.

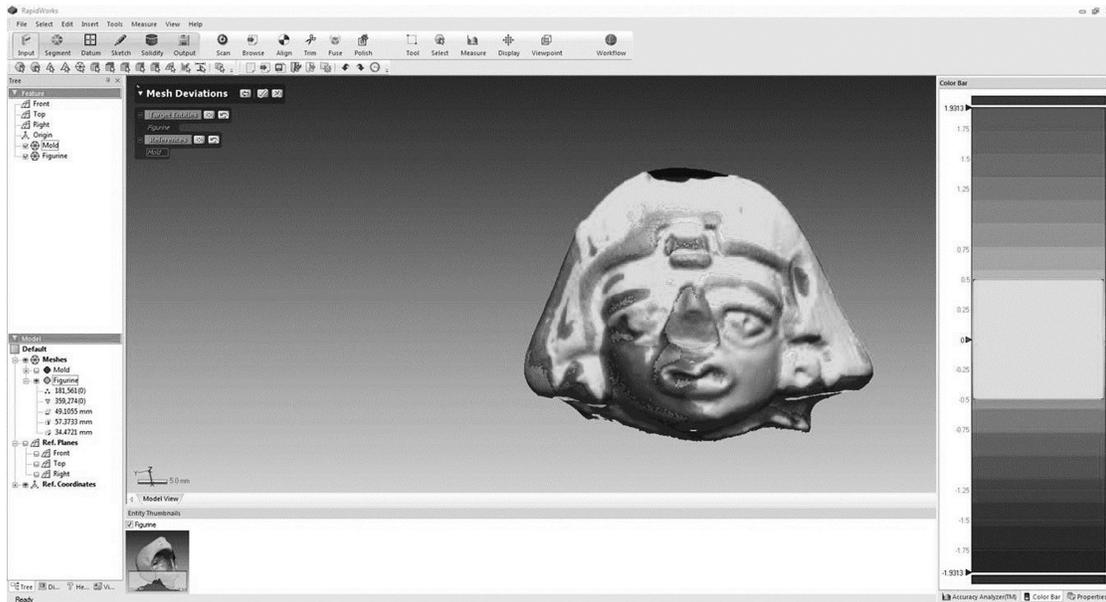


Fig.7: Los resultados de la desviación de malla obtenidos en el Laboratorio de Investigación Geoespacial en AUM. El color gris claro indica no desviación entre las superficies. Los resultados se reportan en milímetros.



Fig.8: Análisis de desviación en Rapid Works reportando variación en la superficie en milímetros. Los tonos gris claro a oscuro indican variación de cero a más de cinco milímetros en el tono más oscuro. Colección cerámica de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.



Fig.9: Artefacto moldeado procedente de Cahal Pech, Belice. La representación facial de este objeto es similar a otras localizadas en las colecciones de Calakmul, Campeche, México. Muestra cortesía del Instituto de Arqueología, Instituto Nacional de Cultura e Historia (NICH), Belice.



Fig.10: Silbato cerámico con forma de can y molde de la cara. La cara en frente de la oreja parece corresponder al molde. Sin embargo, el análisis de desviación de malla confirmó orígenes diferentes. El molde y el silbato se encontraron en diferentes áreas del sitio en contextos elite. Colección cerámica de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.