



---

---

77.

**NUEVAS FORMAS DE VER LO ANTIGUO:  
TÉCNICAS PARA TOMAR IMÁGENES  
DE ARTEFACTOS**

---

---

*Sarah Newman*

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:

Newman, Sarah

2015 Nuevas formas de ver lo antiguo: técnicas para tomar imágenes de artefactos. En *XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2014* (editado por B. Arroyo, L. Méndez Salinas y L. Paiz), pp. 953-960. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

# NUEVAS FORMAS DE VER LO ANTIGUO: TÉCNICAS PARA TOMAR IMÁGENES DE ARTEFACTOS

*Sarah Newman*

## PALABRAS CLAVE

Petén, El Zotz, manipulaciones de fotografía, imágenes en 3D.

## ABSTRACT

*Despite the fact that archaeology focuses on the things that last the longest, the science of how we study those things is constantly changing. New techniques have revolutionized the way we assess chronology, our abilities to identify smaller and smaller traces of organic and inorganic residues, and the ways we share our data among ourselves and with the public. This presentation details recent techniques used in imaging a variety of archaeological artifacts, from bone tools to carved stelae. The methods discussed here include Reflectance Transformation Imaging (RTI) and Structure from Motion (SfM), as well as the benefits and drawbacks to the use of each technique in archaeology.*

## INTRODUCCIÓN

Aunque la arqueología se enfoque en los materiales y objetos que duran el tiempo más largo, la ciencia de cómo estudiamos esas cosas está cambiando constantemente. Especialmente en los últimos quince años, ha sido un crecimiento rápido de técnicas para documentar y representar artefactos y arquitectura, gracias a las posibilidades ofrecidas por fotos digitales, tecnologías de 3D, computadoras más poderosas y software constantemente más específico. Esta ponencia se trata de dos técnicas recientes para crear y manipular representaciones virtuales de los materiales arqueológicos, llamadas Imágenes Transformadas por Reflejo (ITR) y Estructura a partir del Movimiento (EpM). Se presentan estos dos métodos en particular, ya que son técnicas que requieren únicamente el uso de una cámara digital y software gratuito o de bajo costo, que no son difíciles de aprender, y que pueden ser utilizados en los mismos sitios mayas, a pesar de las condiciones del campo. Se discuten las dos técnicas, incluyendo una breve descripción de sus desarrollos, sus funciones, y como han sido aplicadas a la arqueología. Luego se termina con una discusión sobre las ventajas y desventajas de esas técnicas en nuestros estudios de la arqueología maya.

## IMÁGENES TRANSFORMADAS POR REFLEJO (ITR)

La primera técnica que se discute hoy es parte de una familia de tecnologías que la denominamos Imágenes Transformadas por Reflejo (ITR). Dicha técnica tiene una variedad de aplicaciones, hasta el análisis de huellas de zapatos y llantas en investigaciones de escenas de crímenes (Hamiel y Yoshida 2012), pero de su concepción ha tenido una relación cercana con la arqueología y el patrimonio cultural. Designada y desarrollada por los laboratorios de la empresa Hewlett-Packard en Palo Alto, California (Malzbender *et al.* 2000, 2001; Malzbender y Gelb 2001), una ITR se compone de la elaboración de múltiples imágenes de un objeto, utilizando una cámara digital básica, pero cambiando el ángulo de la luz para cada imagen individual. Cuando el objeto finalmente está capturado por toda la variedad de luces proveniente de distintas direcciones y ángulos, muestras de los reflejos del objeto en cada pixel han sido ya guardadas. Un programa de software, que ya es disponible y gratuito para uso no-comercial, de parte de los laboratorios de HP, toma esa información y combina la en un solo archivo. Después, un programa para visualizar específico, permite la re-iluminación del ob-

jeto desde cualquier ángulo y la transformación de sus propiedades de color y reflejo.

Uno de los beneficios más importantes de ITR es que todo el proceso tan solo requiere de equipo estándar de la fotografía digital. Todas las imágenes que he incluido en esta presentación fueron tomadas con una cámara SLR digital de marca Canon, con un teleobjetivo, ambos fijos a un trípode en frente o sobre el objeto de interés. Utilizando un flash de mano, una serie de 36 imágenes esta almacenada, únicamente moviendo la luz alrededor del objeto, siguiendo el superficie de una cúpula de luz virtual. Una pelota pequeña y brillante también esta incluida en cada cuadro. La pelota refleja cada ángulo y posición de la luz y esos aspectos proporcionan la información que el software de los laboratorios de HP necesita para grabar y recrear cada ángulo de luz posible, combinado todo en una sola imagen (Fig.1).

De esta manera, el uso de ITR puede replicar varias luces rasantes, una técnica bastante familiar a los epigrafistas. La Fig.2 muestra una tabla que esta en las colecciones de Los Angeles Country Museum of Art (LACMA). Aunque la tabla fue comprada por LACMA, sus detalles y estilo indican que viene del área de Yaxchilán en Chiapas y que fecha alrededor del 750-850 DC. La Fig.2 presenta la tabla desde algunos ángulos de luz replicadas en las ITR. En ITR, sin embargo, todos los ángulos pueden ser manipulados en una sola imagen interactiva y pueden ser comparadas en tiempo real. Además, el software puede usar la información de las verdaderas luces en las fotos para crear ángulos mas oblicuos que serían físicamente posibles o combinar dos luces a la misma vez, una acción que requeriría más esfuerzo y tiempo para ser creada con dos luces físicas o en las condiciones del campo.

Como toda la tecnología, las ITR siempre están en constante mejora. Las imágenes de la Fig.2 solo ilustran como es posible manipular los ángulos y direcciones de luces en la imagen. Con adiciones recientes, también desarrolladas por los laboratorios de HP en cooperación con arqueólogos e historiadores de la Universidad de California del Sur, es posible manipular no solo la dirección de la luz, pero las propiedades de color y reflejo del superficie de un objeto. En la Fig.3 se ve el mismo panel, pero debajo de una manipulación llamada aumento especular, lo que cambia cada pixel individual a como si tuviera reflejo de un espejo, es decir, si reflejara la luz directamente, a un ángulo perpendicular. El aumento especular exagera los detalles superficiales de un objeto, especialmente cambios de profundidad,

como se observa con el panel. Otra opción es la habilidad a cambiar cada pixel individual como si tuviera solo un reflejo difusa, es decir, si reflejara la luz a todos los ángulos a la vez. Esta técnica de aumento difuso sirve especialmente para subrayar líneas incisas.

Sin embargo, aunque las aplicaciones más comunes de ITR en la arqueología han sido en casos de arte o escritura, la técnica sirve también para otros estudios. Por ejemplo, la autora se enfoca primordialmente en la zooarqueología maya, y usa ITR para investigar las técnicas de producción de las herramientas de hueso, también para análisis de evidencia de los usos y funciones de huesos tallados, y para entender mejor la tafonomía y procesos de formación de colecciones y sitios.

En la Fig.4, se aprecian unas vistas de las ITR de un hueso trabajado proveniente del sitio El Zotz, el húmero distal de un venado cola blanco. Con las imágenes de ITR, la técnica de producción es clara: las estrías paralelas que son acentuadas en las imágenes indican que el hueso fue trabajado con una técnica llamada “ranura y rotura,” en la cual reducciones lineales son hechas con una herramienta de lítica para crear una ranura circunferencial. Después, utilizando la presión de las manos o un golpe de un cincel, el extremo articular del hueso que no quiere el artesano es roto, dejando unas marcas deladoras: las estrías finas que están paralelas a la ranura, con una sección rugosa e irregular donde el hueso fue roto.

ITR también puede dar información sobre el análisis de los usos y las funciones de las herramientas, aunque es limitada por la magnificación del lente de la cámara. En la Fig.5, un colgante hecho de un canino de pecarí muestra una ranura ligera en la superficie del diente, extendiendo desde la perforación talada. La ranura representa el desgaste de la cuerda o cable del cual el canino fue colgado, indicando que fue llevado como un objeto individual, sin cuentas en ambos lados.

### ESTRUCTURA A PARTIR DE MOVIMIENTO (EPM)

Aunque solo se presentaron las aplicaciones de ITR muy superficialmente, ahora se cambia el enfoque a la otra técnica de esta ponencia, Estructura a partir de Movimiento, o EpM. Estructura a partir de Movimiento, como ITR, es el nombre de una familia de técnicas que pueden extraer datos de tres dimensiones y posiciones de una colección de fotos digitales (Szeliski 2011; Green *et al.* 2014). EpM funciona como una visión de computadoras, igual que la habilidad de los humanos

para entender nuestro ambiente en tres dimensiones mientras que nos movemos a través de la escena. Todos conocen bien este principio: cuando están viajando en un carro y observan por la ventana, los objetos que están lejos parecen moverse más despacio que los objetos que están cerca. Usando esta idea y con solo una colección de fotos digitales, una serie de pasos puede convertir las fotos a una nube de puntos 3D que representa las superficies de los objetos que salen en las fotos. Entonces, esta nube puede ser manipulada a crear modelos en 3D, mapas de elevación digital, imágenes rectificadas, y, en el caso de arquitectura, plantas y perfiles a escala. Aunque este es un tipo de fotogrametría, tiene una diferencia clave de métodos tradicionales. En otros métodos de fotogrametría, las posiciones de las cámaras o las posiciones de algunos puntos en más que una imagen tiene que ser conocidos, para que puedan ser triangulados para encontrar las ubicaciones de otros puntos en las fotos. Con EpM, los puntos son encontrados a través de muchas imágenes sin conocimiento previo de la posición de la cámara (Lowe 2004).

Hay muchos programas disponibles para hacer EpM, incluyendo software gratuito y productos comerciales. En esta ponencia, todas las imágenes que se muestran son de un programa que se llama Agisoft PhotoScan, el cual, aunque no es gratis, cuesta alrededor de USD \$60 por una licencia educativa. PhotoScan proporciona todos los pasos, desde la introducción de fotos hasta la creación de nubes de puntos de baja y alta densidad y finalmente la producción de un modelo de textura en 3D, mientras que uno debería utilizar múltiples programas gratuitos para realizar el mismo resultado. Cuando el programa puede localizar los puntos, utiliza esa información para calcular las posiciones relativas de las cámaras. Cuando las posiciones de las cámaras son conocidas, las ubicaciones de los puntos pueden ser trazadas en el espacio, dando una reconstrucción densa de la forma del objeto fotografiado (Fig.6).

Como la técnica de ITR, EpM no requiere equipo especial. De hecho, las reconstrucciones y modelos en 3D podrían ser hechos a partir de fotos de un Smartphone. En lugar del equipo, el elemento más importante en la producción del nube de puntos utilizando EpM es la superposición de fotos y la textura de la superficie del objeto. Cada punto en la nube tiene que aparecer en al menos tres fotografías de posiciones diferentes, para que el software pueda colocarlos en el espacio.

Un asunto con el uso de EpM es que los procesos de encontrar coincidencias, colocar las cámaras, y construir las nubes de puntos pueden llevar mucho tiempo y

usan mucho poder de procesamiento. Afortunadamente, ese problema aplica más a casos de escenas grandes y arquitectura. Con objetos pequeños, el proceso es más rápido porque muchos puntos de las fotos pueden ser enmascarados, es decir, eliminados del proceso para encontrar coincidencias. En la Fig.7 se ven las fotos sacadas del cráneo de un tepezcuintle, con todas las áreas enmascaradas en negro. Un objeto o artefacto podría ser aislado de cualquier fondo, incluyendo la tierra de un pozo de excavación o una mesa plástica del campo.

Después de la producción de una nube de puntos de alta densidad, se puede añadir la textura sobre los puntos, para crear un modelo completo en 3D. De esta manera, es posible crear colecciones virtuales, las que podrían ser usadas en el campo o compartidas con colegas fuera del país para ayudar con identificaciones: un muestrario de cerámica, por ejemplo, o una colección comparativa de huesos de fauna. Los modelos también pueden ser exportados para ver y ser manipulados con otros programas gratuitos, como MeshLab, que se ve en la Fig.8. En Meshlab, es posible usar modelos de EpM (u otras formas de imágenes en 3D) para crear secciones de arquitectura y artefactos. También, se pueden exportar los modelos de PhotoScan a un PDF de Adobe Reader, el cual puede ser compartido y visto fácilmente sin programas especiales. Un punto a tomar en cuenta con EpM es que los modelos no son tan precisos como los producidos por otras técnicas, como LiDAR o tomografía de láser (Green *et al.* 2014). Sin embargo, esa tecnología todavía está en su infancia y va seguir mejorando y desarrollándose. Ahora, sirve como un terreno neutral entre tecnología que todavía está prohibitivamente cara y técnicas más antiguas que son más lentas y de menos resolución.

## CONCLUSIÓN

Las dos técnicas que se presentaron en esta ponencia tienen algunos aspectos importantes en común cuando se piensan en los trabajos en la arqueología maya. Primero, es fácil aprender como hacer los dos métodos, pueden ser utilizados en los campamentos o lugares de trabajo, y producen resultados buenos con equipos básicos y programas de software gratuitos. La velocidad rápida y sencillez de las dos técnicas permiten que sean usados en situaciones donde equipo pesado o lento sería inapropiado, por ejemplo en túneles estrechos y limitados por la calidad del relleno, en áreas de rescate donde no se puede retardar las excavaciones, o con artefactos que podrían ser dañados por mucho tiempo expuestos

al clima, tal como textiles o madera. Esas dos técnicas proporcionan la oportunidad para examinar artefactos desde lejos y a compartir hallazgos con colegas y el público en prácticamente todo el mundo. Además, con más aplicaciones a la arqueología, arqueólogos pueden empezar a moldear estas técnicas a las necesidades específicas de sus trabajos.

#### AGRADECIMIENTOS

La autora quiere agradecer a los directores y el co-director del Proyecto Arqueológico El Zotz, Dr. Stephen Houston, Dr. Thomas Garrison, y Mstro. Edwin Román, por el acceso a los materiales que se incluyeron en esta ponencia, también a Johnna Tyrell de la Universidad de California del Sur y el Proyecto de Investigación Semítico Occidental y Dra. Victoria Lyall de LACMA por la ayuda con las imágenes del panel de Chiapas y finalmente al ArchLab de la Universidad de California del Sur y Dra. Lynn Swartz Dodd por el uso de todo el equipo para fotografiar los especímenes de huesos para las ITR.

#### REFERENCIAS

GREEN, Susie; Andrew Bevan, and Michael Shapland  
2014 A Comparative Assessment of Structure from Motion Methods for Archaeological Research. *Journal of Archaeological Science* 46:173-181.

HAMIEL, James S. y John S. Yoshida  
2012 *Evaluation and Application of Polynomial Texture Mapping (PTM) in the area of Shoe/Tire Impression Evidence*. Informe entregado al Departamento de Justicia, EE.UU.

LOWE, David G.  
2004 Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision* 60(2):91-110.

MALZBENDER, Tom y Dan Gelb  
2001 *HPLABS Polynomial Texture Mapping (PTM)*. Disponible a: <http://www.hpl.hp.com/research/ptm>.

MALZBENDER, Tom; Dan Gelb, Hans Wolters, y Bruce Zuckerman  
2000 *Enhancement of Shape Perception by Surface Reflectance Transformation*. Hewlett-Packard Technical Report HPL-2000-38. Hewlett-Packard Laboratories, Palo Alto, CA.

MALZBENDER, Tom; Dan Gelb, y Hans Wolters  
2001 Polynomial Texture Maps. En *SIGGRAPH '01: Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, pp. 519-528. Association for Computign Machinery, New York.

SZELISKI, Richard  
2011 *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer-Verlag, London.

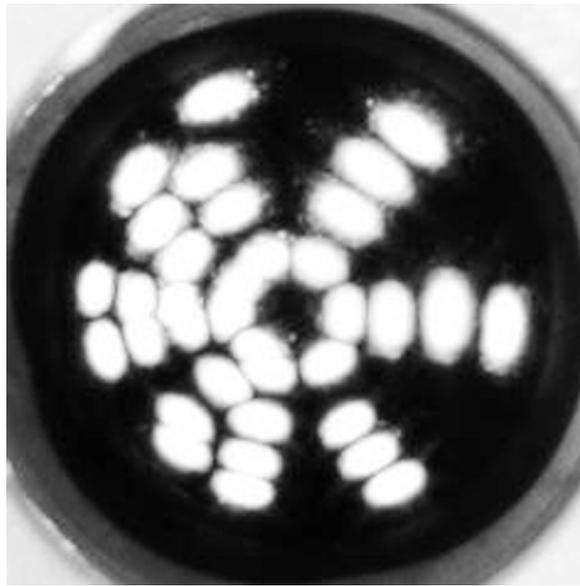


Fig.1: La pelota brillante usada por el programa de los laboratorios de HP, mostrando todos los ángulos de las luces reflejados en la superficie.

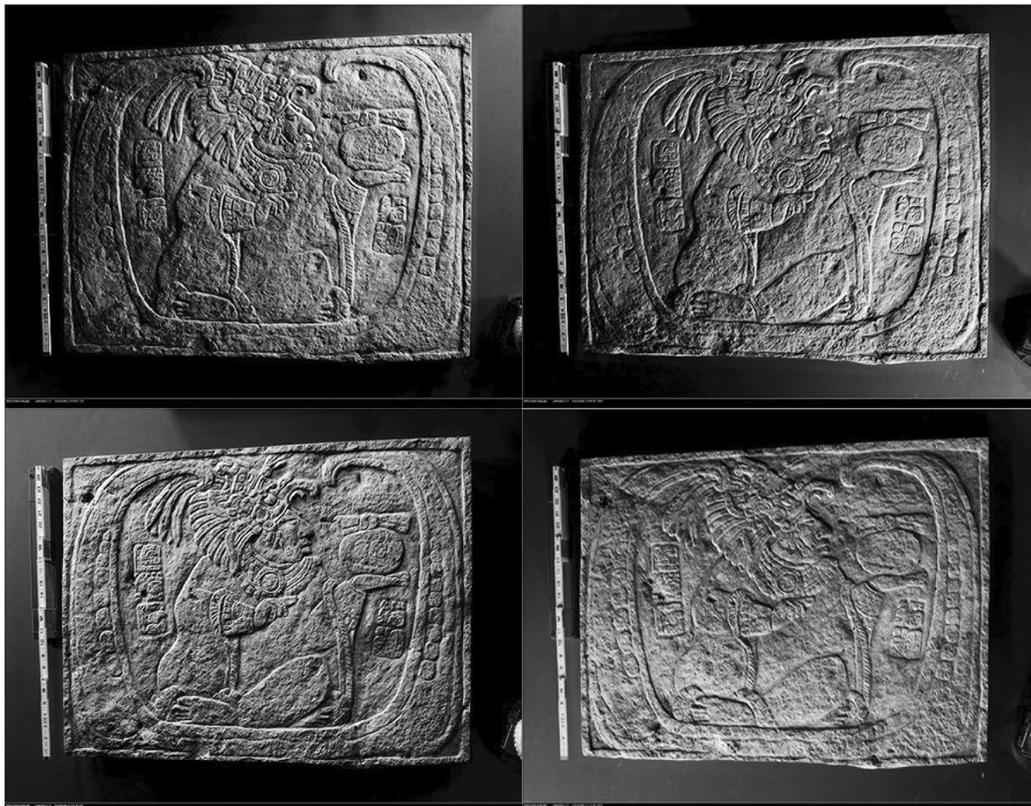


Fig.2: Comparación de los ángulos de luces replicados en una ITR. Dextrorso de la izquierda superior: con la luz de la derecha superior, derecha inferior, izquierda superior y izquierda inferior (ITR original por J. Tyrell).



Fig.3: La manipulación del aumento especular, lo que exagera los detalles y cambios de profundidad (ITR original por J. Tyrell)

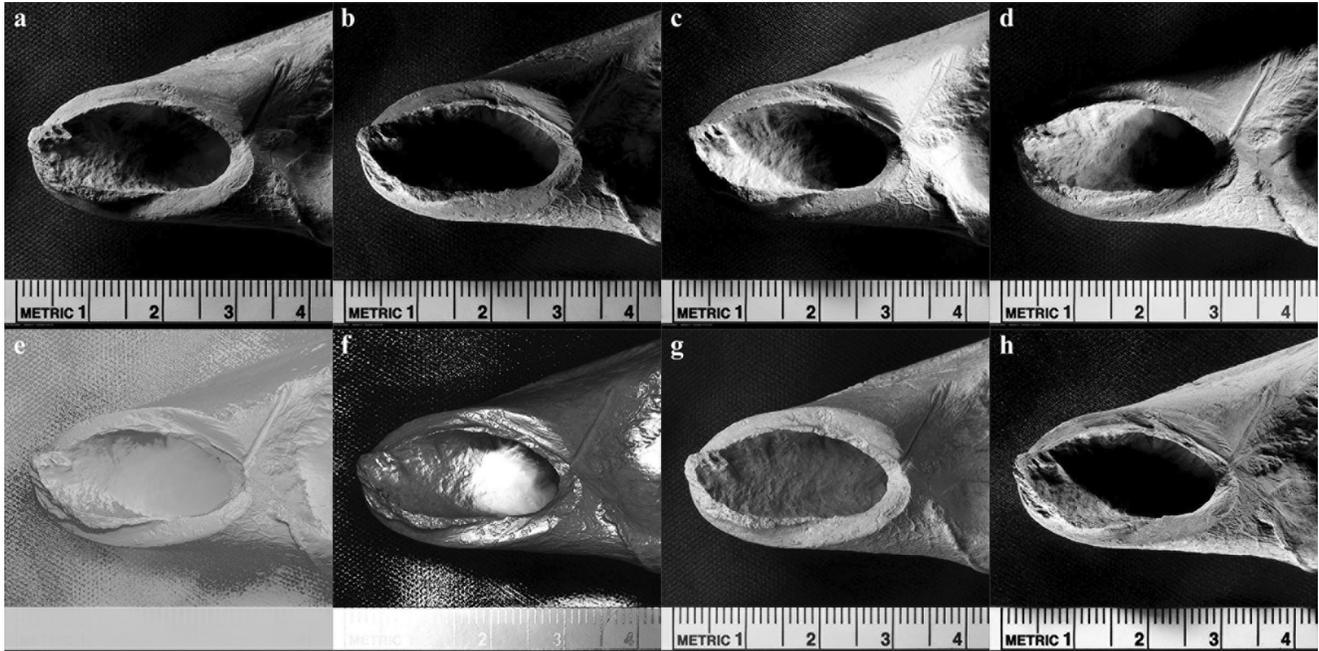


Fig.4: El extremo articular del húmero de un venado cola blanca, visualizado con ITR. Las imágenes muestra la luz rasante de la izquierda superior (a), la izquierda inferior (b), la derecha superior (c) y la derecha inferior (d); las luces perpendiculares a la superficie (e); aumento especular (f); aumento difuso (g); y dos luces direccionales.

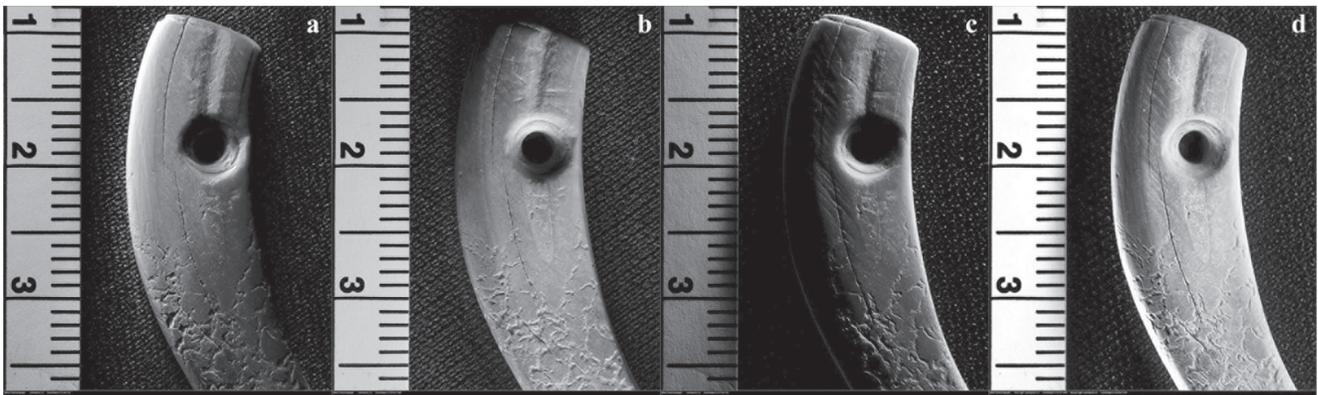


Fig.5: El desgaste del uso en un canino de pecarí, exagerado por luces de la izquierda superior (a), derecha superior (b), abajo (c), y con dos luces direccionales.

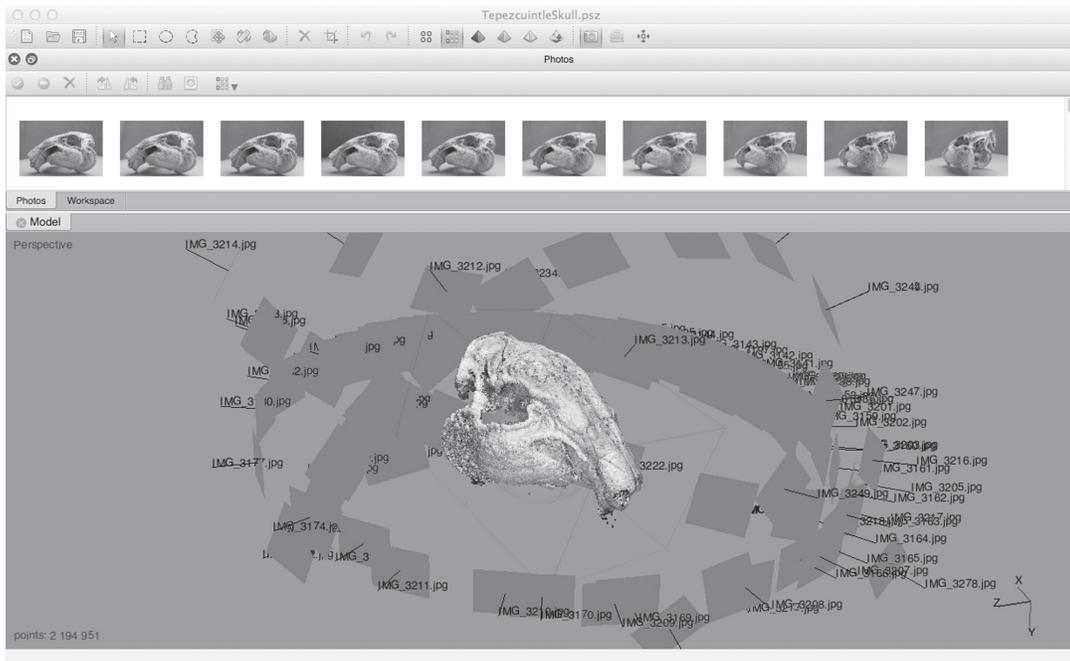


Fig.6: La identificación de las cámaras en el programa de Agisoft PhotoScan. Cada cuadro representa la posición de la cámara cuando sacó una foto del objeto.

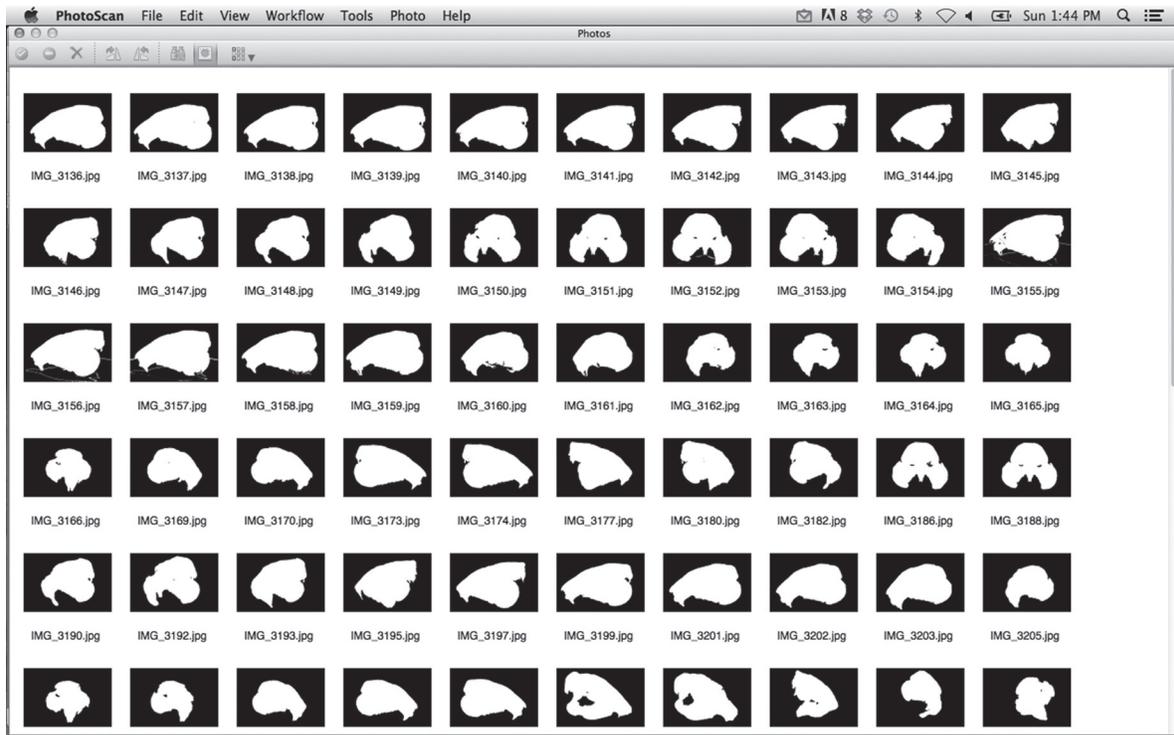


Fig.7: El proceso de enmascarar el fondo para aislar el objeto de interés, mostrado con el ejemplo de un cráneo de tepezcuintle (moderno).

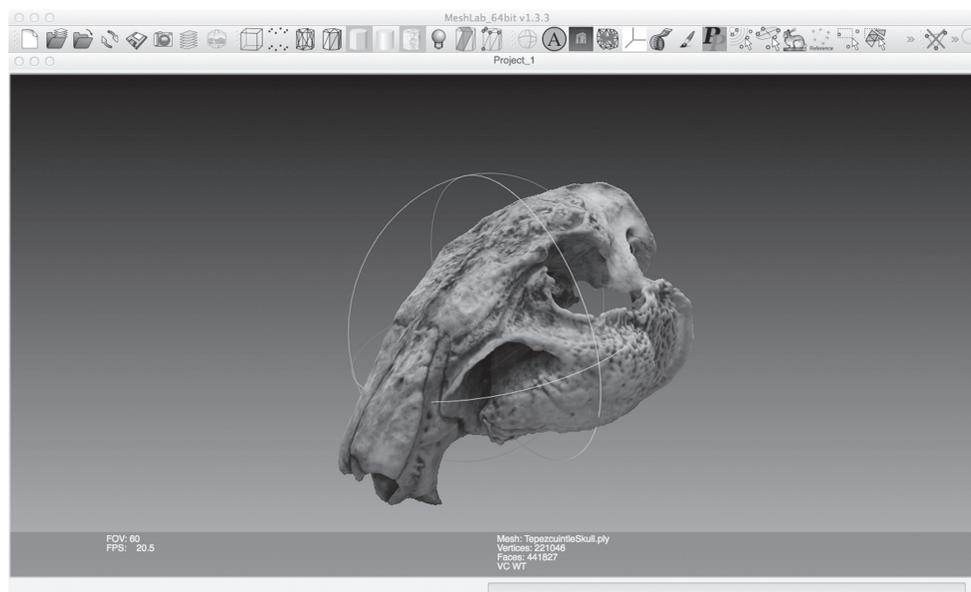


Fig.8: El cráneo del tepezcuintle, visualizado en el programa de MeshLab como un modelo en 3D con textura en la superficie.