

EL FUTURO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DE DIGITALIZACIÓN APLICADAS A LA MEDICINA LEGAL.

THE FUTURE OF NEW DIGITALIZATION TECHNOLOGIES APPLIED TO LEGAL MEDICINE.

CÁCERES MONLLOR D. A.^{1,3}, SALIDO RODRÍGUEZ-MANZANEQUE M.P.^{2,3}

RESUMEN.

Los Médicos Forenses tienen, como una de sus principales funciones, la identificación de víctimas a través de restos cadavéricos u óseos. Las técnicas genéticas le han ayudado decisivamente en esta labor. Sin embargo, no siempre se obtiene una muestra de ADN adecuada por lo que es necesario el conocimiento de otras metodologías de trabajo que aporten información. Las nuevas tecnologías de digitalización, debido a su rápido avance, podrían convertirse en una herramienta muy útil en medición, presentación de casos y traslado de la información. A través de esta nota técnica se pretende introducir al lector, de una forma sencilla, en las posibilidades que ofrece esta técnica.

PALABRAS CLAVE: digitalización, escáner, médico forense.

ABSTRACT.

Forensic Physicians has, as one of their main functions, the identification of victims through cadaverous or osseous remains. Genetic techniques have helped decisively in this work. However, an adequate DNA sample is not always obtained, so it is necessary the knowledge of other work methodologies that provide information. The new technologies of digitalization, due to its rapid advance, could become a very useful tool in measurement, presentation of cases and transfer of information. Through this technical note it is intended to introduce the reader, in a simple way, into the possibilities offered by this technique.

KEY WORDS: digitalization, scanner, Forensic Physician.

CONTACTO: Cáceres Monllor C.A. email: dacacere@ucm.es

La identificación de restos cadavéricos y material óseo es el principal reto al que se enfrenta, en muchos casos, el Médico Forense. Sin lugar a duda, la identificación mediante perfil génico a través de la secuenciación de ADN mitocondrial, cromosoma X o Y de padres o familiares son las técnicas que aseguran un mayor grado de certeza a la hora de identificar. Sin embargo, son varios los problemas asociados a dicha identificación a saber:

- Se requiere unos primeros indicios para acotar la búsqueda de sujetos, es decir, es necesario localizar aquellos familiares con los cuales poder comparar los restos de material génico encontrado. Estas técnicas están especialmente indicadas en desastres de masas cerrados tales como accidentes

aéreos donde se dispone de una lista de pasajeros o de otros datos similares.

- Son técnicas de por sí caras y sofisticadas.
- Los incidentes tafonómicos pueden deteriorar el ADN, sobre todo en aquellas muestras antiguas expuestas a la climatología.

Por todo ello, aunque sería impensable prescindir de la Genética Forense a la hora del esclarecimiento de los hechos, la observación, estudio e investigación de los restos óseos podrían facilitar la búsqueda y aportar información de sexo, talla, ascendencia étnica y, por supuesto, detalles sobre la causa de la muerte, en especial, las improntas por arma.

1. Depto. de Medicina Legal, Psiquiatría y Patología. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid.

2. Depto. de Odontología Conservadora y Prótesis Bucofacial. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid.

3. Máster en Odontología Restauradora basada en las Nuevas Tecnologías. Universidad Complutense de Madrid.

El médico forense es el máximo responsable en el esclarecimiento de los hechos en restos, cadáveres y hueso. Adscritos al Ministerio de Justicia, sus informes periciales son de gran trascendencia en la Sala Penal puesto que son funcionarios públicos. Su experiencia en casos penales está ampliamente demostrada y reconocidos sus dictámenes. En la Corte no pueden ser rebatidos por peritos de parte o aquellos que no han sido igualmente evaluados o no disponen de formación reglada contrastada.

Es por ello que han de estar permanentemente actualizados en su labor sin que por ello la Antropología Tradicional haya de ser descartada. Tanto la métrica con instrumentación clásica como la morfología son herramientas que, en manos de expertos forenses, han sido ampliamente validadas en el esclarecimiento del dimorfismo sexual, edad y talla a partir de restos óseos. Sin embargo, el médico forense ha de conocer las nuevas tecnologías en especial la morfometría geométrica a partir de modelos digitales tridimensionales.

A través de la digitalización de huesos y restos por medio de escáneres, se obtienen modelos 3D que proporcionan una valiosa herramienta en la documentación o presentación del caso forense. Su utilización es más o menos sencilla dependiendo del modelo pero en líneas generales consiste en la adquisición de imágenes de forma similar a como lo realizaría una cámara fotográfica o de vídeo y la unión del modelo por medio de programas informáticos.

Hasta la fecha, se disponen de una amplia gama de escáneres que varían según la tecnología aplicada para la digitalización: láser, ópticos de luz LED o luz convencional; la facilidad de transporte: algunos son de sobremesa y otros pueden manejarse *in situ* en destino; la calidad de modelo: exactitud, precisión y reproducibilidad...

En la Tabla 1, se propone una breve descripción con los más representativos y las marcas que los comercializan.

TABLA 1. Características técnicas de los principales escáneres

Casa comercial	Modelo	Precio	Dims. (mm)	Fuente luz	t scan	t proc	Res. (mm)	Prec. (mm)	Exact. vol. (mm/m)	Dist. enfoque (mm)	Prof. campo (mm)	Área scan (mm) / vol scan cm ³	Software	STL ?	Rango tam piezas	text ?
CREAMFORM	Escáner 3D de atención médica	< 20000 US dólares	96 x 140 x 258	Luz blanca (LED)	N.E.	N.E.	1	Hasta 0,500	0,500 mm/m	400	250	380 x 380	VXelements	SI	0,3 – 3,0 m	SI
CREAMFORM	GOISCAN 20	< 20000 US dólares	154 x 178 x 235	Luz blanca (LED)	N.E.	N.E.	0,100	Hasta 0,100	0,300 mm/m	380	100	143 X 108	VXelements	SI	0,05 – 0,5 m	SI
CREAMFORM	GOISCAN 50	< 20000 US dólares	150 x 171 x 251	Luz blanca (LED)	N.E.	N.E.	0,500	0,020 mm + 0,100 mm/m	0,300 mm/m	400	250	380 X 380	VXelements	SI	0,3 – 3,0 m	SI
CREAMFORM	Handy scan 300	42900 eur.	77 x 122 x 294	3 cruces láser	N.E.	N.E.	0,100	0,020 mm + 0,100 mm/m	N.E.	300	250	225 x 250	VXelements	SI	0,1 – 4 m	N.E.
CREAMFORM	Handy scan 700	56900 eur.	77 x 122 x 294	7 cruces láser (+1 extra)	N.E.	N.E.	0,050	0,060 mm/m	N.E.	300	250	275 x 250	VXelements	SI	0,1 – 4 m	N.E.
ARTEC	Eva Lite	10713,5 eur	261,5 x 158,2 x 63,7	Bombilla tipo flash (sin láser)	1 min	3 min	0,5	0,1	N.E.	0,4 – 1 m	N.E.	Cercano: 214 – 148 Lejano: 536 x 371 61000 cm ³	Artec Studio	SI	N.E.	NO
ARTEC	Eva	13700 eur	261,5 x 158,2 x 63,7	Bombilla tipo flash (sin láser)	1 min	3 min	0,5	0,1	N.E.	0,4 – 1 m	N.E.	Cercano: 214 x 148 Lejano: 536 x 371 61000 cm ³	Artec Studio	SI	N.E.	SI
ARTEC	Space Spider	20700 eur	190 x 140 x 130	LED azul	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.	0,2 – 0,3 m	N.E.	Cercano: 90 – 70 Lejano: 180 x 140 2000 cm ³	Artec Studio	SI	N.E.	SI
ARTEC	Leo	22700 eur	227 X 163 X 228	VCSEL	N.E.	N.E.	0,25	0,1	N.E.	0,35 – 1,2 m	N.E.	Cercano: 246 – 153 Lejano: 843 x 527 173000 cm ³	Artec Studio	SI	N.E.	SI

El futuro de las nuevas tecnologías de digitalización aplicadas a la Medicina Legal.
CÁCERES MONLLOR D. A., SALIDO RODRÍGUEZ-MANZANEQUE M.P.

Casa comercial	Modelo	Precio	Dims. (mm)	Fuente luz	T scan	T proc	Res. (mm)	Prec. (mm)	Exact. vol.	Dist. enfoque	Prof. campo (mm)	Área escaneado (mm) / vol escaneado	Software	STL ?	Rango tam. de piezas	Text ?
ROLAND	PICZA LPX - 250	N.E.	528 X 742 X 431	Láser long. onda 600 a 700 nm	Pieza 10 cm aprox 45 min	30 min	N.E.	0,2 – 0,4	N.E.	FIJA por el soporte	N.E.	0 a 325 mm altura, circunferencia 0 a 360 grados	Dr Picza3 / Pixform	SI	N.E.	NO
BQ	CICLOP	185,88 eur	N.E.	4 láseres de 650 nm y 1 cámara	10 min aprox.	N.E.	0,3-0,5 mm	0,5 mm	N.E.	FIJA por el soporte	N.E.	N.E.	Horus	SI	20 cm	SI
XYZ PRINTING	3D XYZ printing	229 eur	41 x 157 x 61	Cámara Intel® RealSense TM	N.E.	N.E.	1 – 2,5 mm	N.E.	N.E.	30 – 70 cm	640 x 480 a 30 FPS	Min: 5 cm x 5 cm x 5 cm Max: 100 cm x 100 cm x 200 cm	Scan Handy	SI	N.E.	SI
3D SYSTEMS	SENSE TM 2	434,00 eur	178 X 129 X 33	Cámara Intel® 3D RealSense SR 300 TM	N.E.	N.E.	0,9 – 1 mm	N.E.	N.E.	N.E.	640 X 480	Min: 0,2 m x 0,2 m 0,2 m x 0,2 m Max: 2 m x 2 m x 2 m	3D Geomagic	SI	0,4 – 1,6 m	SI
OCCIPITAL	Structure Sensor	379-489 US dolar	119 x 28 x 29	Luz estructura infrarroja	N.E.	N.E.	0,57 mm	0,5 mm a 40 cm – 30 mm a 3 m	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	SI
SCANIFY	FUEL 3D	1150 eur	255 x 245 x 35	Xenon Flash Led bulbs	30 segs	30 segs	0,35 mm	0,3 mm	N.E.	350 – 450 mm	N.E.	Aprox. 210 x 300 mm	N.E.	SI	SI	SI
SHINING 3D	EINSCAN-PRO (varios modelos)	3900 eur	246 x 260 x 65	Luz blanca estructura da	N.E.	N.E.	N.E.	0,05 – 3 mm (depende)	0,05 mm	0,2 - 2 m	N.E.	210 X 150 mm	Einscan	SI	3 – 70 cm	SI
THOR3D	THOR3D	12600 eur	180 x 220 x 360	Luz estructura da	N.E.	N.E.	1 mm	N.E.	0,2 mm	110 cm	N.E.	(457 x 610) – (914 x 1220)	Thor3D suite	SI	50 cm - 10 m	SI

El futuro de las nuevas tecnologías de digitalización aplicadas a la Medicina Legal.
CÁCERES MONLLOR D. A., SALIDO RODRÍGUEZ-MANZANEQUE M.P.

Casa comercial	Modelo	Precio	Dims. (mm)	Fuente luz	t scan / s	t proc.	Res. (mm)	Prec. (mm)	Exact. vol.	Dist. Enfoq	Prof. campo	Área escaneado (mm) / vol. escaneado	Software	STL ?	Rango tam. de piezas	Text ?
MANTIS VISION	Pocket Scan	29000 eur	120 x 60 x 30	Láser clase 1	80 cm / s	N.E.	N.E.	0,2% de la medida.	N.E.	30 cm – 1m	N.E.	148 x 255 m (0,25 m) 595 x 1020 mm (1 m)	KaplaVision	No, pero sí ply	todos	SI
MANTIS VISION	F5 – SR (Short range)	29000 US dólares	16 x 46 x 167	Luz estructura / video	N.E.	N.E.	0,25	0,05 mm	0,1 mm	N.E.	0,3 – 0,8 m	Cercano: 344 x 340 Lejano: 770 x 920	KaplaVision	SI	30 – 80 cm	NO
MANTIS VISION	F6 (con tripode grande)	N.E.	32 x 12 x 4,5 más el tripode	Cámara	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0,1 %	4,5 – 0,5 m	N.E.	Cercano: 510 x 670 Lejano: 4585 x 6070	MV Echo	SI	N.E.	SI

Tabla extraída de [1] con modificaciones. **N.E.**: no especificado; **Dims. (mm)**: dimensiones del escáner en milímetros. **Fuente luz**: fuente de luz utilizada por el escáner. **tscan**: tiempo de escaneado utilizado por el escáner para una pieza típica; **Res. (mm)**: resolución en mm.; **Prec. (mm)**: precisión del aparato en milímetros. **Exact. vol.**: Exactitud y exactitud volumétrica. En cada una de las fichas técnicas viene reflejada en distintas unidades de medida. **Dist. Enfoq.**: distancia de enfoque o distancia óptima entre el escáner y el objeto a digitalizar; **Área escaneado (mm) / vol. escaneado**: Área y volumen de escaneado. El área de escaneado viene reflejado en milímetros; **Software**: programa informático que utiliza cada uno de los escáneres para la digitalización; **STL ?**: el archivo digitalizado puede ser exportable o no a un archivo stl universal útil para ser utilizado en sistemas de impresión 3D; **Rango tam. de piezas**: rango del tamaño de piezas que pueden ser digitalizadas por cada tipo de escáner. **Text ?**: El escáner permite o no la captura la textura (colores y superficie) del objeto digitalizado.

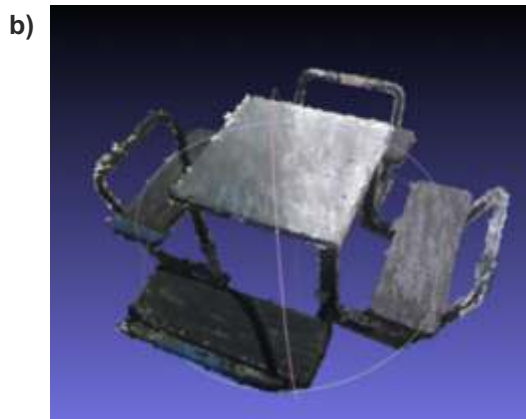
Está claro el rapidísimo avance en el proceso de adquisición de modelos 3D. Con los nuevos escáneres se ha reducido considerablemente el tiempo de escaneado y las dimensiones del mismo, favoreciendo la portabilidad e, incluso, la instalación en tablets y dispositivos móviles.

Sin embargo el futuro, si no el presente, consiste en la adquisición de modelos 3D mediante dispositivos móviles sin necesidad de

ninguna otra instrumentación. La fotogrametría se basa en ello, pero aún es necesario tiempo y amplios conocimientos de los programas informáticos para fusionar las imágenes en modelos 3D reales, precisos y reproducibles.

En la Fig 1 se muestra una primera aproximación a estas nuevas tecnologías mediante fotogrametría en un dispositivo Tablet Ipad Pro, con los programas gratuitos Visual SFM y Meshlab[2].

FIGURA 1. Adquisición al aire libre de modelo 3D con Tablet Ipad Pro de un banco de parque público mediante. a) El programa SFM y posterior fusión con Meshlab. b) Fijese en que, aunque el banco tiene huecos vacíos y ángulos muy cerrados, la tecnología pudo resolver el modelo con una calidad aceptable.



Las nuevas apps podrían ayudar en este proceso, ya que se obtendrían los modelos 3D de forma sencilla, rápida y sin necesidad de post-procesados laboriosos. Se han realizado pruebas exitosas mediante la app gratuita Qlone

(EyeCue Vision Technologies LTD © 2017) implantado en un dispositivo Tablet Ipad Pro para la adquisición de modelos 3D. En la Figura 2, se muestra el resultado final de un modelo 3D obtenido mediante esta app.

FIGURA 2. Imagen de mandíbula realizado por la app Qlone.



El futuro de las nuevas tecnologías de digitalización aplicadas a la Medicina Legal.
CÁCERES MONLLOR D. A., SALIDO RODRÍGUEZ-MANZANEQUE M.P.

Es necesario una validación de la técnica para obtener resultados y medidas interpretables y exactas. Las ventajas de esta tecnología en el campo de la Medicina Forense y Antropología son indudables, habilitando la máxima transportabilidad al emplearse en dispositivos móviles, la exposición del caso forense a través de vídeo en las Cortes de Justicia y la investigación y adquisición de modelos *in situ* para el posterior análisis de medidas en la Arqueología y Antropología Forense de campo.

Otras apps gratuitas de escaneo 3D para dispositivos móviles y que no necesitan ningún tipo de escáner serían: Trnio que ofrece 2 modos

de escaneo en función del tamaño del objeto y exteriores [3] y Scann 3D que realiza todo el proceso localmente en el dispositivo sin necesidad de subirlo a la nube. Los autores han probado Scann 3D con buenos resultados [4]. Sin embargo tienen el inconveniente que solo permite compartir el modelo con otros usuarios previo pago de tarifa.

Como ejemplo de escáner portátil más económico, se han realizado pruebas con el dispositivo Isense Structure de Occipital acoplado a una Tablet Ipad Pro con resultados satisfactorios, como puede apreciarse en la Figura 3. La aplicación gratuita itSeez3D permite compartir los modelos vía correo electrónico.

FIGURA 3: Modelo craneal mediante dispositivo iSense Structure acoplado a Tablet Ipad Pro.



La mayoría de las aplicaciones gratuitas permiten escanear el hueso con más o menos calidad, generan el modelo en el dispositivo electrónico pero requieren un pago para manipularlos en otros programas o proceder a la medición de los modelos.

En general, las posibilidades se diversifican y la metodología avanza. El hueso como

instrumento de medida y análisis perderá importancia a medida que se avance esta tecnología. Los repositorios y bases de datos de modelos 3D adquirirán una relevancia primordial, así como las nuevas herramientas estadísticas. La tecnología de BigData se convertirá en herramienta fundamental en estadística de investigación.

BIBLIOGRAFÍA.

1. GP L (2016) Guía del Escáner 3D. <https://www.digitalizacion-3d.com/guia-del-escaner-3d-portatil/>. Accessed September, 29th, 2016.
2. CIGNONI P, CALLIERI M, CORSINI M, DELLEPIANE M, GANOVELLI F, RANZUGLIA G (2008) Meshlab: an Open-Source Mesh Processing Tool. In: V Scarano RdC, and U. Erra (editors) (ed).
3. TRNIO. <http://www.trnio.com/>. Accessed November, 23th, 2018.
4. 3DSCANEXPERT. <https://3dscanexpert.com/contact/>. Accessed November, 23th, 2018.