



# IDENTIFICACIÓN HUMANA MEDIANTE SUPERPOSICIÓN DE IMÁGENES. UNA PROPUESTA METODOLÓGICA.

## HUMAN IDENTIFICATION BY SUPERIMPOSITION OF IMAGES. A METHODOLOGICAL PROPOSAL

I. Alemán<sup>1</sup>, MC. Botella<sup>1</sup>, F. Navarro<sup>1</sup>, Ó. Cordón<sup>2</sup>, S. Damas<sup>2</sup> y J. Santamaría<sup>3</sup>

ialeman@ugr.es

### PALABRAS CLAVE / KEY WORDS

Identificación humana | Superposición de imágenes | Análisis tridimensional.  
Human identification | Photographic superimposition | Three-dimensional analysis.

### RESUMEN / ABSTRACT

Se presenta un nuevo método para la identificación humana por medio de análisis de imágenes y superposición fotográfica. Se discuten las ventajas que aporta la incorporación de imágenes tridimensionales del cráneo, ya que, por un lado, facilitan la superposición y por otro, eliminan errores de escalado al estar el modelo 3D a tamaño real. Este trabajo se ha desarrollado por un equipo interdisciplinar y su objetivo fundamental es proporcionar una herramienta semiautomática de identificación humana, basada en el reconocimiento craneofacial.

We present a new method for human identification by analysis of images and photographic superimposition. We discuss the advantages of including skull three-dimensional images, that provide the overlap and eliminate errors when scaling the 3D model in real size. This work was developed by an interdisciplinary team and its goal is to provide a tool for semi-automatic human identification, based on the craniofacial recognition.

<sup>1</sup> Laboratorio de Antropología Física. Universidad de Granada.

<sup>2</sup> European Centre for Soft Computing.

<sup>3</sup> Departamento de Informática. Universidad de Jaén.



## INTRODUCCIÓN:

Uno de los objetivos principales de la Antropología Forense es establecer la identidad de una persona a través de sus restos esqueléticos. En las últimas décadas los antropólogos han centrado sus esfuerzos en poner a punto técnicas que permitan la individualización con mayor precisión.

Para llegar a determinar una identidad positiva es necesario seguir varios procesos que permitan asignar sexo, edad, grupo humano o estatura a unos restos óseos encontrados. Para ello se han desarrollado metodologías específicas, acordes a las características de los grupos humanos de cada región geográfica. (Alemán et al., 1997, 2000, 2003; Rissech y Malgosa, 1997; Asala, 2001; Lazenby, 2002; Koçak et al., 2003; Rios, 2003; Iscan, 2005; Celbis y Agritmis, 2006; Gualdi-Russo, 2007).

Por otro lado se ha estado investigando sobre técnicas más concretas encaminadas a la obtención de una identificación positiva; entre ellas hay que destacar la superposición fotográfica.

La superposición craneofacial es una técnica mediante la cual se compara directamente la imagen del cráneo de un individuo desaparecido con la fotografía de una persona conocida, para establecer la identidad del cráneo. Las comparaciones también pueden realizarse entre una radiografía y una fotografía o entre un fotograma de video y una fotografía (Krogman e Iscan, 1986; Iscan, 1993).

Esta técnica comenzó a utilizarse en la década de 1880, pero ha adquirido un gran auge en los últimos decenios debido a las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías de la imagen y la comunicación. Paul Broca fue uno de los primeros en estudiar la correspondencia de las estructuras craneales y las partes blandas que las recubren, y que definen la apariencia de un sujeto. No hay que olvidar los trabajos de Bertillon (1896), que sentaron las bases para la recogida de datos fisonómicos de personas inculpadas en algún delito, que son utilizadas todavía en la actualidad; los de Krogman o Stewart, entre otros autores.

La importancia de los estudios desarrollados en Europa, en los siglos XIX y XX, radica en la creación de una metodología sistemática para la recogida de rasgos fisonómicos que permiten compilar las características morfológicas de un sujeto en base a la observación de sus peculiaridades individuales con respecto a la forma de perfil de la cara, de la nariz, de los labios, de la oreja; implantación del cabello, su forma y color, así como el vello corporal; contorno de la cara o cabeza; forma y color de los ojos; pigmentación de la piel. En definitiva, establecieron las bases utilizadas hasta hoy en Antropología Forense.

Por otro lado, Martin y Saller (1966) realizaron un tratado en el que establecieron los principios fundamentales para la sistematización de esta disciplina. De hecho, son pilares indiscutibles de todos los estudios antropológicos.

Sobre estas premisas se realizaron las primeras identificaciones superponiendo imágenes. El procedimiento que se utilizaba era obtener un



## DOSSIER III

negativo de la fotografía original sobre el que se marcaban distintos puntos craneoscópicos. Eso mismo se hacía sobre la fotografía obtenida del cráneo. Posteriormente se hacía coincidir y se revelaba el positivo con los dos negativos superpuestos. Hoy día se cuenta con paquetes informáticos de tratamiento de imágenes como el Adobe Photoshop, que facilitan bastante el procesado de imágenes y la comparación.

No existe un método definido para el análisis por superposición de imágenes, sino que cada investigador aplica el suyo propio, muchas veces adaptándose a la calidad del material con el que tiene que trabajar. Lo que si es necesario es tener un profundo conocimiento de la anatomía facial, de la forma de los tejidos blandos y de sus relaciones.

Sin embargo, hay dos factores comunes en todas las investigaciones y que requieren especial consideración; uno de ellos es la determinación del tamaño real, ya que sería imposible comparar imágenes de distinto tamaño relativo. Algunos autores recomiendan la utilización de la anchura interorbitaria, la distancia interpupilar o las dimensiones de los dientes anteriores para establecer el tamaño en aquellos casos en los que no existe ninguna escala que sirva de referencia.

El segundo factor a tener en cuenta es el método de orientación del cráneo para que corresponda con la posición de la cara en la fotografía. Hay tres movimientos posibles: inclinación, flexión o extensión y rotación. Es muy difícil y laborioso reproducir la posición exacta, ya que existen múltiples combinaciones posibles (Chandra Sekharan, 1993).

Por otro lado, la fotografía a comparar con el cráneo es bidimensional y su exactitud depende de la calidad de las lentes, de la distancia focal del objetivo empleado en la toma y de la distancia del sujeto a la cámara, pues la perspectiva es siempre cónica; por ello habrá más o menos deformación, de tal manera que, cuanto más lejano se encuentre el sujeto respecto al objetivo, los rayos incidirán con menor oblicuidad y la deformación será más pequeña.

Todos estos problemas pueden solucionarse, en gran medida, si se incorpora para la superposición un modelo tridimensional del cráneo (Brown, 1983). Por un lado, la imagen tridimensional está a tamaño real y, por otro, puede orientarse en la posición que sea necesaria para replicar la posición de la cara de una persona en múltiples fotografías.

### PROPUESTA METODOLÓGICA:

El Laboratorio de Antropología Física de la Universidad de Granada adquirió hace unos años un escáner de superficie Minolta VI-910 de Konica-Minolta. Esta herramienta se ha incorporado, de manera cotidiana, para obtener modelos tridimensionales de cráneos, y se utiliza sistemáticamente en la investigación de casos en los que se requiere la identificación de personas cuya identidad es desconocida o dudosa.

Para obtener el modelo tridimensional, el cráneo se coloca sobre una plataforma giratoria, controlada por ordenador, y se obtienen imágenes cada 45°. De esta forma, se trabaja con ocho imágenes que contienen zonas coincidentes entre ellas, lo que posibilita obtener el modelo 3D.



Además, se adquiere una imagen de la parte superior y otra de la base para obtener el modelo completo; también se obtienen escaneos tridimensionales del esplancocráneo en un solo plano, para conseguir detalles del interior de las órbitas y de la abertura piriforme; se ha comprobado que estas zonas, por la diferencia de profundidad, no se reproducen con exactitud en el primer escaneo general.

El tiempo de cada toma es de 3 segundos aproximadamente, ya que se utiliza la media de tres barridos de láser. Todo este proceso se realiza mediante el software específico del escáner "Poligon Editing Tool", que importa las imágenes tridimensionales. Las herramientas que se utilizan de este programa son, básicamente, la modificación del número de barridos del láser sobre el objeto (uno o tres), o el ángulo de giro de la plataforma para determinar el número de tomas; también se controla la intensidad del láser y se modifica la distancia entre el láser y el objeto a escanear.

Una vez completados todos los escaneos, se exportan las imágenes como archivos independientes al programa informático RapidForm 2004, de "Inus-Technology" en el que se limpian y montan las imágenes adquiridas previamente.

En muchas ocasiones puede ocurrir que, al tomar la fotografía con la cámara, haya un cambio de luces, de intensidad, o alguna sombra; esto implica que, al montar las imágenes, el color y la textura entre una capa y otra resulte diferente. Esto es subsanable con un ajuste de brillo, contraste, o incluso con la "clonación en el color" entre capas, aconsejablemente contiguas.

Una vez conseguido el modelo en 3D, a escala real, nosotros proponemos su colocación en el plano de Frankfort para facilitar la correcta ubicación de los puntos craneoscópicos y craneométricos.

Los puntos que se utilizan para la identificación son los de la cara, y preferentemente aquellos que están localizados en zonas en las que el grosor de los tejidos blandos es menor, ya que tienen menos variación como consecuencia de cambios debidos a la edad, peso o expresiones faciales.

Los puntos craneales que habitualmente utilizamos, siguiendo la descripción de Martin y Saller (1966), se muestran en las figuras 1 y 2; son los siguientes:

- DACRIO (d): Punto situado en la unión de las suturas del frontal, del lacrimal y del maxilar.
- FRONTOMALAR TEMPORAL (fmt): Punto más lateral de la sutura cigomática frontal.
- GLABELA (g): Punto medio más saliente del frontal, por encima de la sutura nasofrontal, entre las arcadas orbitarias.
- GNATIO (gn): Punto medio más bajo del borde inferior de la mandíbula.
- GONIO (go): Punto virtual situado en la intersección de la tangente posterior de la rama ascendente y de la tangente inferior del cuerpo de la mandíbula.
- NASIO (n): Punto medio de la sutura nasofrontal.
- NASOESPINAL (ns): Punto virtual medio, situado sobre la tangente a los dos bordes inferiores del orificio nasal.



## DOSSIER III

- POGONIO (pg): Punto medio más saliente antes de la eminencia mentoniana. Sinónimo de punto mentoniano y de sínfisis.
- PROSTIO (pr): Punto medio más bajo situado en el reborde alveolar superior, entre los dos incisivos medios superiores. Sinónimo de punto alveolar inferior.
- CIGIO (zy): Punto más lateral de la arcada cigomática, determinado por la anchura máxima de la cara.

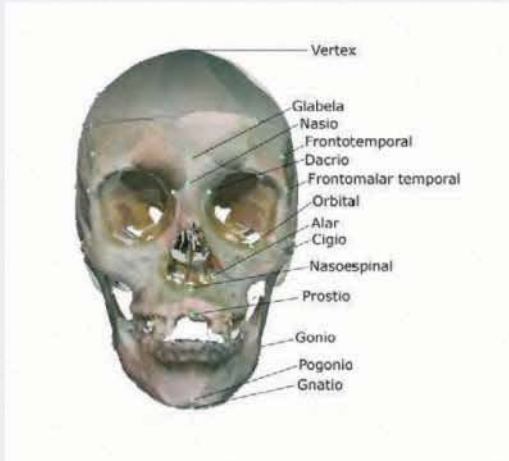


Figura 1. Principales puntos craneométricos. Vista frontal

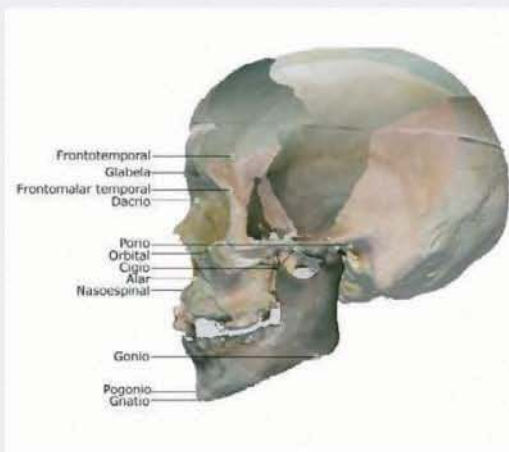


Figura 2. Principales puntos craneométricos. Vista lateral.

Los puntos que marcamos sobre las fotografías del individuo a identificar, también según Martín y Saller (1966), están recogidos en la figura 3; son:

- ALAR (AL): Punto más lateral del contorno de las alas de la nariz.
- CIGIO (ZY): Punto más saliente de los arcos cigomáticos, hacia los lados.
- ENDOCANTIO (EN): Punto interno de la comisura de los ojos cercano al lacrimal.
- EXTOCANTIO (EX): Punto externo de la comisura de los ojos.
- GLABELA (G): Punto más prominente del entrecejo, coincidente entre el borde superior de las cejas.
- GNATIO O MENTÓN (GN): Punto más bajo de la barbilla (mandíbula).
- GONIO (GO): Vértice más lateral del ángulo mandibular entre sus ramas horizontal y ascendente.
- NASIO (N): Punto situado en la raíz de la nariz a la altura de la sutura nasofrontal.
- POGONIO (PG): Punto central anterior de la barbilla.
- PROSTIO (PR): Punto más bajo de la encía, entre los incisivos medios superiores.
- SUBNASAL (SN): Punto más profundo situado en el ángulo entre la unión del tabique nasal y el tegumento labial superior.

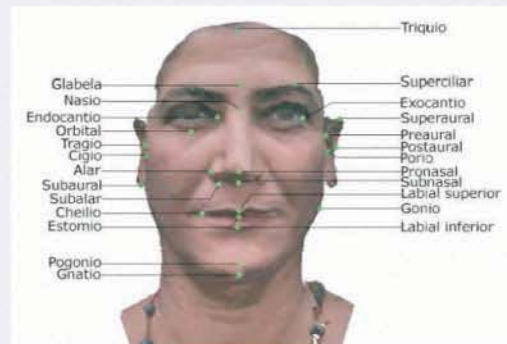


Figura 3. Principales puntos somatométricos. Vista frontal.



La identificación puede realizarse midiendo las distancias entre los distintos puntos en ambas imágenes (fotografía de la persona- modelo 3D del cráneo), aunque este procedimiento no es aconsejable por los errores que pueden acumularse en el proceso de calibrado del tamaño de las imágenes.

Por eso, es aconsejable establecer una serie de índices o realizar un estudio de proporciones; para ello se utilizan figuras geométricas que ponen en relación los distintos puntos referenciados, por separado, en ambas imágenes. Puede ser cualquiera, una X, un ángulo, un cuadrado, etc. Lo importante es señalar el mayor número de puntos reconocibles en las dos fotografías, trazar líneas entre ellos y que unos y otros coincidan cuando se realice la superposición (George, 1993).

Consideramos que la incorporación de un modelo tridimensional del cráneo a la técnica de superposición de imágenes, contribuye a solventar problemas clásicos relacionados con la orientación y el tamaño. Sin embargo, somos conscientes de que sólo una de las imágenes está a escala real y que la fotografía sigue manteniendo distorsiones motivadas por la distancia focal, las lentes utilizadas, la perspectiva, etc. A todo ello se une la dificultad de superponer una imagen en 3D a otra en 2D.

Toda esta investigación se ha llevado a cabo por un equipo interdisciplinar compuesto por especialistas en Inteligencia Artificial (lógica difusa y algoritmos evolutivos) y antropólogos físicos. El objetivo principal es proporcionar una herramienta semiautomática de identificación humana, basada en el reconocimiento craneofacial.

Para desarrollarla, tomamos como base una disciplina del campo de la Visión por Ordenador denominada Registrado de Imágenes. El Registrado de Imágenes (Zitová y Flusser, 03) es la tarea empleada para hallar la transformación  $f$  (rotación, traslación, escalado, ...) que solapa dos o más imágenes obtenidas en condiciones distintas, acercando los puntos tanto como es posible mediante la minimización del error dado por una métrica de similitud  $F$ . Durante años, el RI se ha aplicado a un conjunto amplio de situaciones desde teledetección a imágenes médicas o visión artificial, y se han estudiado independientemente distintas técnicas, originando un área de investigación importante (Goshtasby, 2005).

Como puede observarse, la superposición craneofacial tiene una clara relación con el problema del Registrado de Imágenes en Visión por Ordenador, tanto en 2D, cuando la foto del cráneo es un fotograma 2D, como en 3D (Registrado de Imágenes 3D-2D), cuando se usa un modelo 3D del cráneo para registrarlo con la foto 2D.

Se propone la utilización de métodos automáticos para la superposición de las imágenes 2D (foto de la persona desaparecida) y 3D (modelo tridimensional de cráneo encontrado) resolviendo el Registrado de Imágenes como un problema de optimización numérica. Hemos desarrollado una primera aproximación basada en un algoritmo de optimización avanzado del campo de la Inteligencia Artificial, denominado algoritmo genético (Michalewicz, 1998), para determinar una transformación que incluye una rotación, una traslación, un escalado y una proyección y que se



## DOSSIER III

codifica en forma de un cromosoma de 12 parámetros reales. Para ello hemos tomado como base la propuesta de Nickerson y otros (1991).

Hemos aplicado nuestra nueva propuesta a distintos escenarios, tanto sintéticos (superposición 2D-3D de objetos cotidianos y de fotos de cráneos con modelos 3D de cráneos) como reales (tres casos de identificación de personas desaparecidas resueltos en nuestro laboratorio), comparando su rendimiento con la versión original de Nickerson y evaluándolo desde un punto de vista de aplicabilidad para la resolución de casos de identificación reales en el Laboratorio de Antropología Física. Los resultados obtenidos han sido muy prometedores, al obtenerse superposiciones cráneo-foto de muy buena calidad en menos de diez segundos en todos los casos. Sin embargo, es necesario mejorar la robustez del método para evitar que algunas ejecuciones caigan en mínimos locales.

### CONSIDERACIONES:

El método de identificación mediante superposición de imágenes se viene aplicando desde hace décadas pero, en ningún momento, se han establecido los criterios metodológicos básicos que le otorguen una fiabilidad concreta. En ausencia de claras desarmonías motivadas por la excesiva acentuación de uno o varios rasgos faciales (constatables en el esqueleto), o por las huellas de procesos patológicos (parálisis, procesos quirúrgicos, etc.), esta técnica solo puede servir para atestiguar la identidad de un individuo en unión de otros datos aportados por la Odontología, la Radiología o la Genética forense (Iscan, 1988).

Por si misma, es una técnica muy sólida, que debe ser utilizada para guiar a los investigadores en la resolución de procesos de investigación de personas desaparecidas. En causas relacionadas con algún tipo de delito, por el momento, será usada como prueba excluyente y nunca como inculpatoria.

### BIBLIOGRAFÍA:

- Alemán, I.; Botella, M.C.; Ruiz, L. (1997). Determinación del sexo en el esqueleto postcraneal. Estudio de una población mediterránea actual. *Archivo Español de Morfología*, 2, pp: 69-79.
- Alemán, I.; Botella, M.C.; Ruiz, L. (2000). Determinación sexual mediante análisis discriminante del húmero, en Caro, et al. (eds.): *Tendencias actuales de Investigación en la Antropología Física Española*, pp: 159-164.
- Alemán, I.; Botella, M.C.; Souich, Ph du.; Yoldi, A. (2003). Estudio de poblaciones prehistóricas mediante aplicación de análisis discriminante. Aspectos metodológicos, en Aluja, M.P. et al. (eds.): *Antropología y Biodiversidad*. Vol. I. Bellaterra, Barcelona, pp: 25-32.
- Asala, S.A. (2001). Sex determination from the head of the femur of South African whites and blacks. *Forensic Science International*, 117, pp: 15-22.
- Bertillon, A. (1896). *The Bertillon System of Identification*. In R.W. McClaughry (ed.). Chicago, IL: The Werner Company.
- Brown, K.A. (1983). Developments in cranio-facial superimposition for identification. *J. Forensic Odontostomatol.*, 1, pp: 57-64.
- Celbis, O. y Agrimón, H. (2006). Estimation of stature and determination of sex from radial and lunar bone lengths in a Turkish corpse sample. *Forensic Science International*, 158, pp: 135-139.
- Chandra Sekharan, P. C. (1993). Positioning the Skull for Superimposition, en Iscan, M.Y. y Helmer, R.P.: *Forensic Analysis of the Skull*. Wiley-Liss pp: 105-118.
- George, R.M. (1993). Anatomical and Artistic Guidelines for Forensic Facial Reconstruction, en Iscan, M.Y. y Helmer, R.P.: *Forensic Analysis of the Skull*. Wiley-Liss, pp: 215-227.
- Goshdasby, A.A. (2005). 2-D and 3-D Image Registration for Medical, Remote Sensing, and Industrial Applications. Wiley Interscience.
- Gualdi-Russo, e. (2007). Sex determination from the talus and calcaneus measurements. *Forensic Science International*, 171, pp: 151-156.
- Iscan, M.Y. (1988). Rise of forensic anthropology. *Yrbk. Phys. Anthropol.* 31, pp: 203-230.
- Iscan, M.Y. (1993). Introduction to techniques for photographic comparison; potential and problems. In: M.Y. Iscan and R.P. Helmer Editors, *Forensic Analysis of the Skull* Wiley-Liss, NY, pp: 57-70.
- Iscan, M.Y. (2005). Forensic anthropology of sex and body size. *Forensic Science International*, 147, pp: 107-112.
- Koçak, A.; Aktas, E.O.; Ertürk, S.; Aktas, S.; Yemişçigil, A. (2003). Sex determination from the sternal end of the rib by osteometric analysis. *Legal Medicine*, 5, pp: 100-104.
- Krogman, W.M. e Iscan, M.Y. (1986). *The human skeleton in forensic medicine*. Charles C. Thomas, Springfield.
- Lazenby, R.A. (2002). Population Variation in Second Metacarpal Sexual Size Dimorphism. *American Journal of Physical Anthropology*, 118, pp: 378-384.
- Martin, R. y Saller, K. (1966). *Lehrbuch der Anthropologie in Systematischer Darstellung*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Michalewicz, Z. (1998). *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. Springer.
- Nickerson, B.A., Fitzhugh, P.A., Koch, S.K., Chamey, M. (1991). A methodology for near-optimal computational superimposition of two-dimensional digital facial photographs and three-dimensional cranial surface meshes. *Journal of Forensic Sciences*, 36, pp: 480-500.
- Rios, L. (2003). Brief Communication: Sex Determination Accuracy of the Minimum Supero-Inferior Femoral Neck Diameter in a Contemporary Rural Guatemalan Population. *American Journal of Physical Anthropology*, 122, pp: 123-126.
- Rissech, C. y Malgosa, A. (1997). Sex prediction by discriminant function with central portion measures of innominate bones. *Omo*, vol. 48 / 1, pp: 22-32.
- Žitová, B. y Flusser, J. (2003). Image registration methods: A survey. *Image and Vision Computing*, vol. 21, pp: 977-1000.