

## Introducción y antecedentes

En estructuras anatómicas como la cabeza, existen variaciones en su forma global, y en sus rasgos salientes (tanto forma como distribución en su posición y orientación). Por otro lado, es fundamental contar con una alineación o registro geométrico, y una normalización (contar con una misma escala) que permita realizar comparaciones cuantitativas y operaciones tales como promedios de formas, de medias y desviaciones estándar en forma y posición así como comparaciones cualitativas, tales como visualización de la distribución de diferencias intrínsecas (debidas a la variación y no al posicionamiento o a la adquisición) y similitudes, tanto entre individuos como respecto al promedio poblacional. En dichas comparaciones se deben minimizar las diferencias extrínsecas, debidas a una alineación parcial o errónea. Este último problema es el más difícil y en ocasiones la comparación y el registro (no lineal, con deformaciones) constituyen etapas de un mismo proceso.

En el caso de la cara de individuos de la población normal, es posible establecer promedios morfológicos (de la forma de la superficie externa, no de intensidades) [MARQUEZ2005], dado que las variaciones de los rasgos cranofaciales, a pesar de ser importantes, se presta a establecer correspondencias entre individuos. Esto permite el registro o alineación mediante transformaciones deformables y por lo tanto la normalización de un grupo de individuos, a partir del cuál es posible construir atlas antropométricos. En el laboratorio de Análisis de Imágenes y Visualización se cuentan con programas para dichos promedios morfológicos, pero aún no se tienen herramientas adecuadas para visualizar las diferencias en los resultados y el propio registro geométrico ha resultado una tarea compleja que requiere de dichas herramientas de visualización de errores para la evaluación de métodos de alineación.

Un paso previo a la tarea anterior es el *registro rígido*, mediante Análisis de Componentes Principales (PCA), del cuál se extrae un elipsoide equivalente cuya orientación determina la transformación [RAMIREZ2005]. En este caso, se puede hacer énfasis en la forma esferoidal de la cabeza, penalizando los rasgos salientes, o bien, al contrario, un registro iterativo que minimiza las diferencias entre rasgos que se

corresponden. En ambos casos es posible realizar comparaciones visuales mediante cálculos de la intensidad total de la diferencia entre campos de distancia extraídos de cada cabeza, una de referencia y la que se desea comparar o evaluar su alineación respecto a la primera. Un trabajo en que se usó una versión muy preliminar del que se presenta en esta tesis, pero con una aproximación de mapa de distancia discreta en *chaflan* (chamfer, en inglés), se reporta en [MARQUEZ2008], para ajuste de elipsoides a cabezas humanas. Otro método de registro entre dos objetos, que permite trabajar con muestras de sus superficies, es el de *ICP* (*iterated closest points*), en que se va iterando parejas de puntos correspondientes a los más cercanos en la referencia [BESL1992], y del cuál se cuentan con implementaciones que abordan el problema de la correspondencia óptima [BENJEMAA1998]. Finalmente, es posible tomar en cuenta deformaciones, mediante un registro “deformable”, o no-rígido, en el cuál se incorporan puntos fiduciaros, e información de la anatomía conocida (“a priori”), para un alineación que incluya variaciones naturales en la forma de estructuras anatómicas. Un ejemplo de este proceso se describe en [CAMARA2007].

En el laboratorio de Análisis de Imágenes y Visualización (LAIV) del CCADET, UNAM, se cuenta con trabajos sobre la forma de la cabeza y rostro humano, y métodos para establecer promedios morfológicos de estructuras anatómicas cuya variación no es demasiado elevada. Entre dichos métodos se cuenta con experiencia en el uso de campos de distancia euclidiana para fines morfométricos [MARQUEZ2006]. En el caso de alineación con deformación, también se están realizando trabajos que requerirán medios de comparación de error morfológico. Un ejemplo del trabajo en curso en LAIV, CCADET, es reportado en [SULLI2010].

En el presente trabajo, se plantea el estudio y desarrollo de métodos de análisis comparativo, tanto de rasgos salientes (extraídos a mano) como de la cabeza en general, mediante visualización del campo de distancia tanto individual como diferencial, proyectado en la superficie de la cabeza de referencia o de la cabeza bajo estudio, y explorar alcances y limitaciones de la visualización paramétrica, en el caso de un banco digital de superficies cranofaciales de 40 individuos.

**Objetivos:**

- Visualizar en 3D, mediante escalas de color, la semejanza entre objetos (por ejemplo en violetas, azules y verdes para valores negativos o internos respecto a una superficie y en rosas, rojos y amarillos para valores positivos o externos respecto a la misma superficie).
- Explorar diversos esquemas de visualización, mediante color, patrones texturales, visualización de normales u otras líneas conceptuales, animación y superposición transparente de información diversa.
- Usar y adaptar el método de registro que penaliza rasgos, iniciando con Análisis de Componentes Principales, y los métodos de registro mediante minimización de la distancia cuadrática global entre rasgos correspondientes (capturados a mano).
- Usar las herramientas visuales para evaluar tanto métodos de registro como diferencias intrínsecas entre individuos.

Otras tareas a realizar.

- Mapeo en la superficie craneofacial de los valores de gris de un volumen con información escalar (campo de distancia diferencial, o sea del error de alineación mas las diferencias intrínsecas entre individuos).
- Uso de color para visualizar las variaciones del mapeo anterior.
- Uso de software para la extracción de rasgos salientes y puntos de referencia.

Se cuenta con:

- Software de apoyo para análisis tridimensional: AMIRA, Blender, VizUp (mallado) y programas desarrollados o en desarrollo en el laboratorio LAIV para alineación, captura de rasgos, triangulación, voxelización y cálculo de campos de distancia.

**Relevancia:**

En muchas aplicaciones biomédicas las formas biológicas presentan alta variación y su estudio requiere de contar con referencias representativas de la población de estudio. En el caso de la cabeza humana, en nuestro país no hay modelos específicos a la población mexicana. El contar con una visualización comparativa facilitaría, por un lado, la evaluación de métodos de registro, la construcción de modelos representativos y el establecimiento de diferencias respecto a dicho modelo; por otro lado facilitaría la comunicación e intercambio de ideas entre especialistas en antropometría craneofacial, médicos interesados en cirugía reconstructiva, por ejemplo, médicos forenses y científicos en visualización científica. Finalmente, este trabajo constituye un aspecto importante de proyectos de alta relevancia, en el Laboratorio de Análisis de Imágenes y Visualización, por ejemplo, un proyecto en curso, en colaboración con el Instituto de Neurobiología, es la construcción de promedios entre cerebros humanos, para extraer modelos de referencia (atlas) y la comparación entre cerebros y la referencia, con lo cual sería posible por ejemplo establecer si una nueva instancia (un cerebro que no fue promediado) pertenece o no a la población, dado un criterio de distancia media, en determinadas regiones. Resultados preliminares de la alineación con deformación son reportados en [SULLI2010], y sobre atlas del cerebro, en [ORTIZ2009].