

# VII CAPÍTULO

## CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

### 7.1. Conclusiones

En este trabajo se continúa con el desarrollo del sistema de segmentación de quemaduras a partir de fotografías digitales en color realizado en la tesis doctoral [Acha, 2002]. Se estudian los algoritmos presentados en dicha tesis, tratando de mejorar algunos aspectos, introduciendo modificaciones en dichos algoritmos e introduciendo nuevas técnicas. La motivación principal de este trabajo, al igual que lo fue de la tesis [Acha, 2002] es crear un sistema de diagnóstico automático para ayudar al médico no experto, tanto en el diagnóstico in situ de casos reales en centros sanitarios sin Unidades de Quemados, como en la propia formación del médico.

Los médicos fundamentalmente se basan en la información del color de la piel y en algunas características de textura. En el Capítulo II de este trabajo se estudia la representación de imágenes en color. Se presentan los conceptos básicos relacionados con el color, las principales transformaciones entre espacios de color, así como algunos de los métodos más significativos en el procesamiento de imágenes.

En el Capítulo III se estudia la segmentación de imágenes, haciendo una ampliación a las imágenes en color, en espacios de color RGB y HSI. Se repasan rápidamente las principales técnicas de procesamiento inicial (preprocesamiento) de la imagen y se estudian los métodos básicos de segmentación.

En el Capítulo IV se plantea el problema a resolver y se presenta la solución. Se hace un repaso de la caracterización de las quemaduras, así como un estudio del estado del arte de los artículos de segmentación recientemente publicados en diferentes revistas científicas.

En el Capítulo V se estudian los diferentes algoritmos de segmentación aplicados, así como las modificaciones introducidas.

En el Capítulo VI se presentan los resultados obtenidos y se discuten los resultados.

Las principales conclusiones obtenidas en este trabajo se resumen en los siguientes puntos:

- ♦ Es muy difícil resolver el problema de manera completamente automática, ya que existen numerosos tonos de piel distintos, y se solapan los tonos de quemaduras de algunos individuos con los tonos de pieles sanas de otros. Por norma general es muy fácil para un médico no experto diferenciar la piel quemada de la piel sana, esto se utiliza para facilitar la segmentación solicitando al médico que indique con un pequeño recorte la parte que se quiere segmentar. No obstante, en este trabajo hemos introducido una nueva segmentación sin necesidad de solicitar al usuario que realice un recorte de la parte a segmentar. En estos casos, se utiliza la media de un banco de recortes para reconocer la parte que se desea segmentar en la imagen.

- ♦ Primera modificación propuesta: **Alteración del orden en que se realiza la difusión en el Algoritmo de Distancias**. El algoritmo de Distancias “original”, sobre el que se basa esta ampliación, convierte la imagen *RGB* en una imagen de distancias. Para ello, primero transforma las coordenadas de color al sistema  $L^*u^*v^*$ , realiza la difusión en  $L^*u^*v^*$  y en este espacio calcula distancias Euclídeas a las coordenadas  $L^*u^*v^*$  de un recorte de la fotografía especificado por el usuario del programa. La modificación introducida consiste en calcular primero la imagen de distancias y a continuación realizar la difusión sobre la imagen de distancias. Los resultados obtenidos en las fotos de 2º grado superficial y 2º grado profundo con el algoritmo de Distancias modificado son prácticamente idénticos a los obtenidos con el algoritmo de Distancias “original”. Sin embargo, para quemaduras de 3º grado son mejores los resultados que proporciona el algoritmo modificado.

- ♦ Al realizar la **Introducción de la información de Luminosidad** tratamos de evitar los problemas causados por los puntos de flash y los de las sombras. La introducción de dicha información queda reflejada en la función de transformación de los píxeles. Los resultados obtenidos incorporando la Luminosidad al algoritmo de Von Mises son positivos. Aunque los colores oscuros siguen causando problemas en algunos casos, en quemaduras de 3º grado se ajusta mejor la zona segmentada a la zona quemada. En quemaduras de 2º grado superficial y profundo los resultados son similares a los obtenidos con el algoritmo “original”. Ciertamente es que este algoritmo es más difícil de aplicar, al tener más parámetros configurables, siendo ahora *a*, *b* y *c* y el umbral lo que debe ajustarse. Antes sólo era necesario ajustar el umbral.

- ♦ La aplicación de la **Umbralización automática por el método de Otsu** al ser aplicado con el algoritmo de Distancias nos aporta buenos resultados en quemaduras de todos los grados estudiados (2º grado superficial y profundo y 3º grado).

- ♦ También se ha introducido otro tipo de umbralización automática, en este caso, basada en la **Búsqueda de picos en el histograma de la imagen de un solo plano**. El algoritmo consiste básicamente en encontrar los picos relevantes dentro de dicho histograma. Una vez seleccionados los picos, las fronteras entre regiones serán los valores mínimos entre cada dos picos, es decir, los valles. Los valores de intensidad comprendidos entre cada dos valles formarán, por tanto, una región uniforme. Los resultados obtenidos en este caso varían según estemos aplicando la umbralización automática con un algoritmo o con otro. Por ejemplo, con el algoritmo de Von Mises los resultados obtenidos aplicando este método de umbralización automática son bastante buenos, sin embargo utilizando otros algoritmos dichos resultados no son tan satisfactorios.

---

- ♦ La aplicación de **Múltiple Segmentación** consiste en realizar la segmentación de más de una parte de la imagen. Es decir, no sólo se hace el recorte y la segmentación de la parte de piel quemada, sino que además de hacer ésta se hace la segmentación de la piel sana, así como del fondo de la imagen. De esta manera se pueden detectar las zonas problemáticas, donde se reconoce más de un tipo.

Aplicando esta múltiple segmentación sobre el *algoritmo de Von Mises* se obtienen los siguientes resultados; para quemaduras de 2º grado superficial son las imágenes con las cuales se obtienen los mejores resultados, en quemaduras de 2º grado profundo no se obtienen resultados tan buenos como en el caso anterior. Se reconocen zonas de la piel que pertenecen a un grupo dentro del otro. La piel sana y la piel quemada se reconocen bien, es el fondo de la imagen el que causa problemas. Finalmente, en quemaduras de 3º grado ocurre lo mismo que con las quemaduras de 2º grado profundo, la piel sana y la piel quemada se reconocen bastante bien, sin embargo el fondo de la imagen sigue causando problemas.

El hecho de que el fondo de la imagen no se reconozca correctamente es debido a que las fotografías utilizadas en este estudio contienen fondos de colores muy oscuros. Al utilizarse el algoritmo de Von Mises que no utiliza la información de luminosidad, a la hora de segmentar ciertas zonas existen problemas con las sombras, etc. No obstante la valoración de la modificación introducida es bastante positiva, puesto que facilita la diferenciación de unas zonas de la imagen con respecto a otras.

Utilizando el algoritmo de Distancias conjuntamente con múltiple segmentación se obtiene muy buenos resultados. No encontramos los problemas que aparecían en el caso de utilizar el algoritmo de Von Mises. Con éste ocurría que al no considerar la información de luminosidad se confundían zonas del fondo de la imagen con la piel sana y la piel quemada, esto no ocurre ahora, las diferentes zonas son segmentadas con bastante exactitud y apenas existe superposición de una zona con otra.

- ♦ La **Sustitución del recorte por la media de un banco de recortes** pretende que el usuario no tenga que efectuar ningún recorte sobre la imagen a segmentar. Ésta se segmentará pasando una semilla, que es la media de un banco de recortes. En el banco de recortes existen cincuenta imágenes de cada una de las cinco categorías a segmentar, es decir ampollas/vesículas, 2º grado superficial, 2º grado profundo, 3º grado blanco y 3º grado marrón.

La aplicación de esta técnica junto con el *algoritmo de Von Mises* nos aporta resultados muy buenos. Sí es de apreciar que no existe diferencia significativa si se hace la media de los recortes difundiendo estos previamente o no.

Sin embargo, utilizando el *algoritmo de Distancias* las fotografías analizadas no aportan buenos resultados. Sobretudo son las quemaduras de 2º grado superficial las que peores resultados ofrecen, reconociéndose en algunas grandes zonas de la imagen que no son realmente quemaduras. Sin embargo, sobre las quemaduras de 3º grado y sobretudo las de 2º grado profundo la segmentación es bastante correcta. Que este algoritmo produzca buenas segmentaciones en algunos casos y no tan buenas en otros es producto de la automatización. Es cierto que al no tener que realizar el usuario el recorte de la zona que desea segmentar se gana un parámetro que deberemos ajustar, pero al no depender el umbral que se utiliza de la imagen en cuestión puede producir segmentaciones no deseadas como ocurre por ejemplo con las quemaduras de 2º grado superficial.

## 7.2. Futuras líneas de investigación

La investigación en la segmentación de imágenes y la traslación de la interpretación del color por las personas a una máquina es una tarea complicada y muy dependiente de la aplicación. A continuación se citan unas posibles vías para continuar con este trabajo:

- ♦ Parecería interesante realizar un estudio de las condiciones de iluminación de las fotografías y caracterizar el iluminante. Sería adecuado establecer un nuevo sistema de iluminación que evite el reflejo del flash, por ejemplo la utilización de varias luces indirectas. Esto complica las condiciones para la adquisición de la fotografía, pero facilitaría la consecución de mejores resultados.
  - ♦ Una mejora en la segmentación sería incluir un algoritmo de crecimiento de regiones en lugar de la simple umbralización que se lleva a cabo en este proyecto. La búsqueda de las semillas para el posterior crecimiento podría basarse en la umbralización, pero a continuación las diferentes semillas crecerían según distintos criterios (por ejemplo, contraste, intensidad, etc.).
  - ♦ Otra posible mejora es crear la imagen de un solo plano como composición no sólo de planos de color, sino incluir también planos que representen características de textura de la imagen, como por ejemplo varianza, torsión, curtosis, etc.
  - ♦ Para la segmentación basada en la media del recorte habría que conseguir un método por el cual el usuario no tenga que introducir el grado de la quemadura, puesto que no tiene por qué saberlo. Una posibilidad sería que el algoritmo realizara la segmentación de acuerdo a todas las medias y se cree un histograma que contenga toda esta información, de forma que en la umbralización final se quede con la zona deseada, puesto que el grado de la quemadura a segmentar debe dar lugar a los píxeles más oscuros (si estamos con la imagen de distancias/textura) o los más claros (para el algoritmo de Von Mises).
-