

## Un sistema para la medida del color y la detección de manchas en la piel

### A device for the color measurement and detection of spots on the skin

Josep Pladellorens <sup>(1,\*)</sup>, Agustí Pintó <sup>(1)</sup>, Jordi Segura <sup>(1)</sup>, Cristina Cadevall <sup>(1)</sup>, Joan Antó <sup>(1)</sup>,  
Jaume Pujol <sup>(1)</sup>, Meritxell Vilaseca <sup>(1)</sup>, Joaquín Coll <sup>(2)</sup>

1. Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6), Departamento de Óptica y Optometría, Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), Rambla de Sant Nebridi 10, (08222), Terrassa (España).
2. Centro de Investigación Puig, Potosí 21, (08030) Barcelona (España).

\* Email de contacto: pladellorens@oo.upc.edu

#### RESUMEN:

En este trabajo se presenta un nuevo sistema de rápida y fácil utilización que permite la medida del color y la detección de manchas sobre la piel humana. El instrumento desarrollado es práctico incluso para operadores poco entrenados, utilizando componentes asequibles tales como una cámara digital CCD en color, una fuente luminosa compuesta de LEDS y un ordenador portátil convencional. El conocimiento del color de la piel y la detección de sus manchas puede ser útil en dermatología, en aplicaciones biométricas y en la industria cosmética, etc.

**Palabras clave:** Cámara digital, Medida del color, Detección de Manchas, Piel Humana.

#### ABSTRACT:

In this work we present a new and fast easy-to-use device which allows the measurement of color and the detection of spots on the human skin. The developed device is highly practical for relatively untrained operators and uses inexpensive consumer equipment, such as a CCD color camera, a light source composed of LEDs and a laptop. The knowledge of the color of the skin and the detection of spots can be useful in several areas such as in dermatology applications, the cosmetics industry, the biometrics field, health care etc.

**Keywords:** Digital Camera, Color Measurement, Spot Detection, Human Skin.

#### REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] G. E. Piérard, "EEMCO guidance for the assessment of skin colour", *J. Eur. Acad. Dermatol.* **10**, 1-11 (1998).
- [2] G. Wyszecki, *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, John Wiley & Sons, New York (1982).
- [3] S. B. Park, D. H. Suh, J. I. Youn, "A long-term time course of colorimetric evaluation of ultraviolet light-induced skin reactions", *Clin. Exp. Dermatol.* **24**, 315-320 (1999).
- [4] B. Hill, "Revolution of color imaging systems", *Proceedings of the First European Conference on Colour in Graphics, Imaging and Vision*, 473-479 (2002).
- [5] F. Imai, R. S. Berns, "Comparative analysis of spectral reflectance reconstruction in various spaces using a trichromatic camera system", *J. Imaging Sci. Techn.* **44**, 280-287 (2000).
- [6] M. Vilaseca, J. Pujol, M. Arjona, M. De Lasarte, "Multispectral system for reflectance reconstruction in the near-infrared region", *Appl. Opt.* **45**, 4241-4253 (2006).
- [7] M. Vilaseca, J. Pujol, M. Arjona, "Illuminant influence on the reconstruction of near-infrared spectra", *J. Imaging Sci. Techn.* **48**, 111-119 (2004).
- [8] J. Y. Hardeberg, F. Schmitt, H. Brettel, "Multispectral color image capture using a liquid crystal tunable filter", *Opt. Eng.* **40**, 2532-2548 (2002).

- [9] N. Otsu, "A threshold selection method from gray level histograms", *IEEE T. Syst. Man. Cy.* **9**, 62-66 (1979).
- [10] R. C. González, R. E. Woods, *Digital Image Processing* Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, (1993).
- [11] I. Maglogiannis, S. Pavlopoulos, D. Koutsouris, "An integrated computer supported acquisition, handling, and characterization system for pigmented skin lesions in dermatological images", *IEEE T. Inf. Technol. B.* **9**, 86-98 (2002).
- [12] N. Aspres, I. B. Egerton, A. C. Lim, S. P. Shumack, "Imaging the skin", *Aust. J. Dermatol.* **44**, 19-27 (2003).
- [13] J. F. Hermanns, C. Piérard-Franchimont, G. E. Piérard, "Skin colour assessment in safety testing of cosmetics. An overview", *Int. J. Cosmetics Sci.* **22**, 67-71 (2000).
- [14] L. Petit, G. E. Piérard, "Skin-lightening products revisited", *Int. J. Cosmetics Sci.* **25**, 169-181 (2003).
- [15] B.D. Zarit, B. J. Super, F. K. H. Quek, "Comparison of five color models in skin pixel classification", *Proceedings International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems*, 58-63 (1999).
- [16] M. de Lasarte, M. Arjona, M. Vilaseca, J. Pujol, "Development of an optimized flat-field correction algorithm for figital cameras", *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> European Conference on Colour in Graphics, Imaging and Vision* 241-246 (2003).
- [17] M. Thomson, S. Westland, "Colour-imager characterization by parametric fitting of sensor responses", *Color Res. Appl.* **26**, 442-449 (2001).

## 1. Introducción

En este trabajo se presenta un nuevo sistema para la medida del color y la detección de manchas en la piel humana [1]. El equipo que se ha desarrollado está compuesto por componentes estándar de mercado relativamente económicos, tales como una cámara digital CCD, un sistema de iluminación compuesto por LEDs y un ordenador portátil con un sencillo software interfaz que simplifica su uso por operadores poco cualificados.

Por medio de los componentes descritos, el sistema es capaz de captar imágenes en color en una determinada área de la piel. Una vez se ha realizado la captura de la imagen y ya se dispone de la imagen en color, el operador puede fácilmente escoger una región de análisis y automáticamente el sistema proporciona las coordenadas cromáticas medias CIELAB [2], el croma y el parámetro ITA (Individual Topology Angle) [3] correspondiente a ella. El sistema permite también la comparación entre una muestra analizada y una de referencia por medio de las diferencias de color CIELAB. La metodología utilizada para obtener información colorimétrica a partir de los correspondientes niveles digitales está basada en las técnicas de imagen multispectral [4,5]. Estas técnicas permiten calcular una matriz de transformación entre las señales RGB medidas y los valores colorimétricos, tales como las coordenadas CIELAB  $L^*a^*b^*$ , y por tanto se puede obtener la información cromática de cualquier área de la imagen de la piel. Específicamente, el método matemático utilizado en este trabajo está basado en la técnica de la pseudo-inversa de Moore Penrose [6-8].

Por otro lado, el sistema permite la detección de manchas presentes en la región de piel analizada, tales como manchas de la edad, manchas solares, pecas, espinillas, puntos negros, etc. El algoritmo implementado es capaz de medir las dimensiones correspondientes a cada mancha objetivamente, utilizando algoritmos basados en la eualización del histograma, del método Otsu de binarización [9] y operadores morfológicos [10], los cuales permiten establecer el contorno de las manchas y consecuentemente, realizar las medidas.

El conocimiento del color de la piel puede ser útil en campos como los de:

- Dermatología [11,12]: especialmente cuando se requieren datos objetivos y cuantitativos. Por ejemplo cuando se necesita información fisiológica a partir de los parámetros de la piel, la monitorización de la respuesta de la piel a distintos estímulos y la evaluación de las lesiones coloreadas de la piel.
- Cosmética [13,14]: para una automática y objetiva evaluación de la eficacia y la seguridad de los tratamientos para cambiar el color de la piel.
- Biométrica [15]: para ayudar en el reconocimiento personal en pequeños grupos en los cuales la determinación del color de la piel es útil.

Además la medida del tamaño de las manchas de la piel, su color relativo y las variaciones a lo largo del tiempo, pueden ser aplicadas en áreas tales como el cuidado de la salud.

## 2. Metodos

El sistema que se ha desarrollado (Fig. 1) consiste en una cámara RGB CCD con una resolución por canal de 8-bits (AVT Marlin F-033C), un objetivo de distancia focal 16 mm, un sistema de iluminación compuesto por LEDs blancos (CCS LDR2-90-SW 24V/15W) (Fig. 2) y un PC portátil. Para un correcto ensamblaje de los componentes y un adecuado funcionamiento del sistema, se han desarrollado varias piezas mecánicas que constituyen el cabezal del instrumento lo que permite soportar el sistema sobre la piel del sujeto y realizar las medidas confortablemente.



Fig. 1 Diseño experimental del sistema.

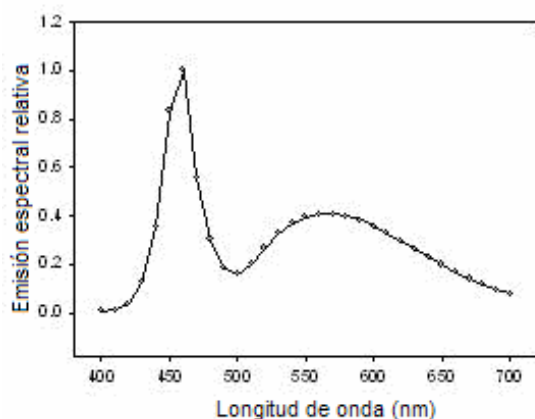


Fig. 2. Emisión espectral de los LEDs usados en el sistema de iluminación (CCS LDR2-90-S W).

El software desarrollado para controlar el sistema permite la adquisición de una imagen de la piel y la selección mediante el ratón de una región de análisis específica. Una vez realizada la adquisición, el sistema aplica un algoritmo para la corrección de la no-uniformidad espacial de la imagen (Corrección de Campo Plano) [16,17], que es fundamental para utilizar la cámara CCD en color como instrumento de alta resolución espacial para realizar mediciones,

y hacer que toda el área de detección de la cámara sea válida. Este algoritmo permite la corrección de la iluminación de la escena a lo largo y ancho del campo imagen, que no es uniforme debido a la posición y la curva de emisión de los LEDs utilizados, y también a la corrección de la respuesta de la cámara CCD que puede presentar diferentes sensibilidades en las respuestas de cada píxel debido al sistema óptico y al propio sensor CCD. De cara a calcular esta corrección, se obtiene la imagen correspondiente a una carta gris uniforme colocada en el mismo lugar donde se vayan a capturar las imágenes de la piel, bajo la misma iluminación y las mismas condiciones de exposición. Suponiendo que la imagen correspondiente a la carta gris sea completamente uniforme, ésta se utiliza para compensar numéricamente el efecto de la no uniformidad espacial en cada una de las imágenes capturadas, por medio de una corrección lineal con la matrices de ganancia (G) y la de compensación del fondo (O):

$$DL_c(i, j) = O(i, j) + G(i, j)DL(i, j), \quad (1)$$

donde  $DL_c(i, j)$  y  $DL(i, j)$  son los niveles digitales del píxel  $(i, j)$  de las imágenes corregidas y originales respectivamente,  $O(i, j)$  representa el elemento  $(i, j)$  de la matriz de corrección del fondo, y  $G(i, j)$  representa el elemento  $(i, j)$  de la matriz de corrección de ganancia. La dimensión de estas matrices  $(i = 1, \dots, m$  y  $j = 1, \dots, n)$  depende del número de píxeles disponibles en el sensor CCD utilizado, en nuestro caso  $480 \times 640$ .

La interfaz implementada de software presenta claramente dos partes distintas: el análisis del color y el análisis y la detección de manchas.

La sección dedicada al análisis del color permite el cálculo de las coordenadas de color CIELAB  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  [2], el croma ( $C^*$ ) y el parámetro ITA (Individual Topology Angle) [3], que está relacionado con el ángulo de tono (Ec. 2) usado habitualmente para clasificar los distintos tipos de piel.

$$ITA(^{\circ}) = \left[ \arctan(L^* - 50) / b^* \right] \times \frac{180}{\pi}. \quad (2)$$

Para el cálculo de las coordenadas CIELAB de las muestras y su correcta normalización, se ha utilizado como blanco de referencia el asociado a la propia emisión de la fuente de LEDs empleada en el instrumento.

Por otra parte, el software permite obtener la diferencia de color CIELAB ( $\Delta E^*$ ) con respecto a una muestra de referencia, convenientemente seleccionada.

El cálculo de las coordenadas de color a partir de los niveles digitales de la imagen se realiza utilizando técnicas multispectrales, específicamente con la pseudo inversa de Moore Penrose [6-8]. Con este método y utilizando un conjunto de muestras representativas y conocidas para entrenamiento, se puede calcular una matriz de transformación entre las medidas (RGB) y los valores colorimétricos (XYZ,  $L^*a^*b^*$  o cualquier terna de coordenadas colorimétricas). Concretamente, la matriz que contiene las coordenadas cromáticas de las  $n$  muestras analizadas (por ejemplo  $C = [X_1...X_n, Y_1...Y_n, Z_1...Z_n]$ ) y la matriz correspondiente de niveles digitales de la cámara ( $DL = [R_1...R_n, G_1...G_n, B_1...B_n]$ ), estarán relacionados mediante una matriz desconocida  $A$ , tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$C = A \cdot DL \quad (3)$$

Utilizando un conjunto de muestras de entrenamiento conocidas es posible determinar las matrices  $C$  y  $DL$ , respectivamente. La potencialidad del algoritmo de la pseudoinversa reside en que éste permite invertir la anterior ecuación aunque las matrices no sean cuadradas y por tanto se pueden calcular las componentes de la matriz  $A$  (Ec. 4) a partir del conocimiento previo de las restantes matrices de la ecuación.

$$A = C \cdot (DL)^{-1}, \quad (4)$$

donde  $(DL)^{-1}$  representa la pseudoinversa de la matriz  $DL$ .

Una vez conocida la matriz  $A$  es posible obtener las coordenadas colorimétricas de cualquier muestra, aunque no pertenezca al conjunto de entrenamiento, a partir de sus niveles digitales y utilizando la ecuación (3) de nuevo. Este procedimiento será eficaz si las muestras de entrenamiento utilizadas para calcular la matriz  $A$  son una buena representación de las muestras que posteriormente se quieran medir. Es por ello que la correcta elección del conjunto de muestras de referencia es de gran importancia si queremos obtener medidas de color con baja incertidumbre en el sistema desarrollado. El conjunto de muestras de entrenamiento utilizado en este trabajo consiste en 74 muestras con una coloración similar a la de la piel humana y que se corresponden con dos cartas de color estándar: la Color Checker CCCR y la CCDC. Para comprobar la fiabilidad de este sistema, se han medido las coordenadas de color CIELAB de estas muestras utilizando un espectrofotómetro MINOLTA CM-2002 y calculándolas también a partir de las medidas RGB proporcionadas por el sistema. Tanto el espectrofotómetro utilizado como el sistema desarrollado en el proyecto presentan una geometría

de iluminación/medida D/0. También se ha calculado la diferencia de color CIELAB entre ambos conjuntos de medidas. La diferencia de color media y la desviación estándar correspondiente obtenidas en unidades CIELAB es  $3.09 \pm 1.73$ . La elección de estas muestras estándar permite obtener medidas reales del color de la piel con una aceptable incertidumbre asociada, tal como se verá en la siguiente sección.

La sección dedicada a la detección de manchas está basada en la aplicación de varios filtros y diferentes herramientas de procesamiento de imágenes [10]. Estos procedimientos permiten determinar las áreas con distinta coloración con respecto al fondo de la imagen. El color promedio de la piel es el parámetro usado para determinar geoméricamente la mancha. El proceso de detección de manchas consta de tres etapas. La primera consiste en acondicionar la imagen, a continuación se binariza la imagen acondicionada y finalmente se segmenta la imagen binarizada.

El objetivo del proceso de acondicionado de la imagen es obtener una imagen en escala de grises bien contrastada para facilitar el proceso de binarización. En primer lugar se realiza un estiramiento lineal del histograma de la imagen RGB. Esta operación hace que el margen dinámico de la imagen sea el máximo posible y mejora el contraste de las manchas con respecto a la piel. Posteriormente, la imagen de color RGB es transformada en una imagen en blanco y negro, y se estira linealmente el histograma de nuevo para contrastar más las manchas, perdiendo la mínima cantidad de información.

El proceso de binarización debe tener en cuenta la variabilidad del color de la piel y del color de las manchas. Por ello, se determina de forma automática y en tiempo real el umbral de binarización para cada imagen usando el algoritmo de Otsu [9]. El algoritmo de Otsu asume que el contenido de una imagen en escala de grises se puede dividir en dos clases: primer plano y fondo. Dada una imagen de  $N$  píxeles, donde cada píxel tiene un valor de gris comprendido en  $[0..L]$ , se denota con  $f_i$  el número de píxeles con nivel de gris  $i$ , y la probabilidad del nivel de gris  $i$  en la imagen es

$$P_i = \frac{f_i}{N} \quad (5)$$

Los píxeles se dividen en dos clases,  $C_1$  (con niveles de gris  $[1, \dots, t]$ ) y  $C_2$  (con niveles de gris  $[t+1, \dots, L]$ ), obteniendo las distribuciones de probabilidad de nivel de gris siguientes:

$$C_1 : \frac{P_1}{\omega_1(t)}, \dots, \frac{P_t}{\omega_1(t)} \text{ donde } \omega_1(t) = \sum_{i=0}^t P_i, \quad (6)$$

$$C_2 : \frac{P_{t+1}}{\omega_2(t)}, \dots, \frac{P_L}{\omega_2(t)} \text{ donde } \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^L P_i. \quad (7)$$

Las medias de las clases  $C_1$  y  $C_2$  son:

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t i \frac{P_i}{\omega_1(t)}, \quad (8)$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^L i \frac{P_i}{\omega_2(t)}. \quad (9)$$

Sea  $\mu_T$  la intensidad media de la imagen total. Se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$\omega_1 \mu_1 + \omega_2 \mu_2 = \mu_T, \quad (10)$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1. \quad (11)$$

La variancia entre las dos clases de la imagen se define como:

$$\sigma_B^2 = \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 + \omega_2 (\mu_2 - \mu_T)^2, \quad (12)$$

y el umbral óptimo  $t^*$  se consigue cuando dicha variancia entre clases es máxima, es decir,

$$t^* = \text{Max}(\sigma_B^2(t)), \quad 1 \leq t < L. \quad (13)$$

A nivel computacional este algoritmo es costoso, pues requiere una búsqueda exhaustiva del valor del umbral óptimo.

La imagen binarizada es procesada utilizando algoritmos morfológicos para simplificar la imagen preservando las formas principales de la imagen. Esto facilita obtener una óptima segmentación en las áreas con diferente coloración. Las transformaciones morfológicas se basan en desplazar un elemento estructurante por la imagen realizando una operación matemática entre el elemento y los píxeles de la imagen. Los elementos estructurantes tienen diferentes formas (cuadrados, rectangulares, romboidales, etc...) en función de la finalidad de la operación que queremos realizar. Para mejorar la imagen binarizada se realiza una erosión utilizando un elemento estructural romboide con un tamaño de 5x5 píxeles seguida de una dilatación utilizando un elemento de estructura cuadrada de tamaño 3x3 píxeles. La primera operación elimina píxeles aislados y aristas de los contornos de las agrupaciones de píxeles blancos. La segunda

operación redondea los contornos de las agrupaciones de píxeles blancos.

Finalmente, el sistema segmenta la imagen binarizada en regiones independientes y cuenta el número de regiones dentro de un rango establecido por el usuario.

Definimos la relación de pertenencia de dos píxeles a una región tal como sigue: dados dos píxeles  $P$  y  $Q$  en la imagen  $I$ , ambos de color  $c$  ( $c \in \{0,1\}$ ),  $P$  y  $Q$  pertenecen a la misma región  $I \Leftrightarrow$  existe un subconjunto de píxeles adyacentes coloreados de color  $c$  entre  $P$  y  $Q$  en  $I$ .

Este conteo en la región se realiza en un proceso de dos etapas:

- a) Determinando las regiones de la imagen, realizando una comprobación píxel a píxel.
- b) Contando el número de regiones resultantes. Para determinar las regiones de una imagen, el algoritmo considera que los píxeles negros en la imagen binarizada corresponden a una piel no manchada y los píxeles blancos corresponden a manchas.

Las dos últimas etapas del algoritmo de segmentación eliminan regiones que no corresponden a manchas. En primer lugar cualquier región negra contenida totalmente en una región blanca es considerada como parte de la región blanca, debido a que ésta se considera piel que pertenece a una mancha mayor. Este proceso no cambia el número de regiones blancas. A continuación, cualquier región blanca próxima al borde de la imagen es automáticamente descartada, ya que se puede suponer que no hay suficiente información en la imagen para determinar si realmente es una mancha o no. Así pues es importante que el operador del equipo intente centrar la mancha dentro de la imagen al tomar las imágenes con la cámara, para así evitar información desechable en el post-procesado.

Una vez el sistema conoce la correspondencia entre un píxel y su región, se cuentan el número de zonas no eliminadas con un área dentro del margen determinado por el usuario y las zonas correspondientes se muestran en la pantalla junto con la información correspondiente (área, longitud y altura en píxeles y  $\text{mm}^2$ ).

### 3. Resultados

Usando el sistema descrito hemos realizado medidas de color sobre un conjunto de 30 muestras de piel real correspondientes a diferentes individuos. Se han medido las coordenadas de color asociadas a un área de aproximadamente 1x1 cm<sup>2</sup> usando el espectrofotómetro convencional MINOLTA CM-2002 y se han calculado utilizando los valores RGB correspondientes a las imágenes adquiridas por el sistema. En este caso, la diferencia de color media en unidades CIELAB y la desviación estándar media entre ambos conjuntos de valores es de  $4.94 \pm 1.84$ , que representa sólo un ligero incremento con respecto a los resultados obtenidos para las muestras correspondientes al conjunto de entrenamiento. Este incremento puede deberse principalmente a que las reflectancias correspondientes a las muestras reales no están incluidas explícitamente en la matriz de entrenamiento. Además, como el sistema debe permitir la comparación entre dos muestras de piel, la precisión del sistema ha sido comprobada estudiando las diferencias de color CIELAB cuando tomamos dos muestras diferentes. En la figura 3 se muestran dos ejemplos específicos: la gráfica (a) ilustra las reflectancias espectrales asociadas a muestras de piel con L\* máximo y mínimo pertenecientes a dos individuos diferentes (1 y 2), y la gráfica (b) muestra la reflectancias espectrales asociadas a dos muestras diferentes pertenecientes a un individuo determinado (3a y 3b). La tabla I muestra la información colorimétrica asociada a estas muestras proporcionada por el espectrofotómetro junto con la información calculada utilizando los valores dados por el nuevo sistema. Como se puede ver los valores obtenidos a través de ambos métodos son bastante parecidos, lo que significa que el nuevo sistema puede ser utilizado para realizar medidas de color con gran precisión.

Por otro lado, la capacidad del sistema para detectar manchas en la piel humana ha sido comprobada en gran número de casos. En la Figura 4 mostramos un ejemplo concreto. En este caso el operador del sistema ha restringido el análisis al cuadrado central de la imagen por falta de iluminancia en los bordes de la imagen. Otra restricción impuesta por el operador es la referente al rango de áreas de las manchas a analizar que ha sido establecido entre 1 mm<sup>2</sup> y 300 mm<sup>2</sup>, para evitar que el pelo u otros elementos pudieran invalidar los resultados finales. Las manchas detectadas están rodeadas por rectángulo rojo y el operador puede examinar cada mancha de manera muy simple.

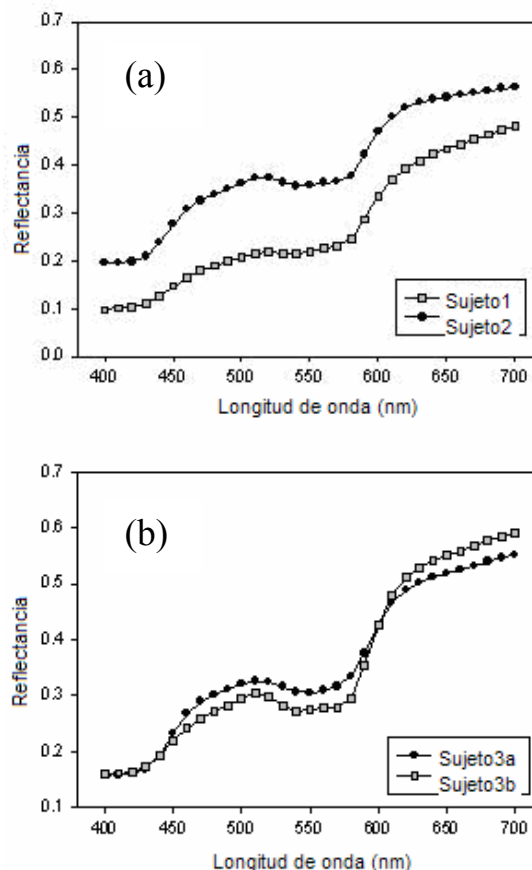


Fig. 3. Reflectancias espectrales correspondientes a: (a) valores máximos y mínimos de L\*; (b) dos muestras de un mismo individuo.

Tabla I

Ejemplos específicos de coordenadas de color CIELAB de varias muestras de piel medidas (1, 2, 3a y 3b), obtenidas con el espectrofotómetro MINOLTA CM-2002 (MIN) y estimadas con el nuevo sistema desarrollado (EST).

	L*	a*	b*	L*	a*	b*
	MIN	MIN	MIN	EST	EST	EST
1	57,3	7,1	18,2	61,7	8,7	19,0
2	68,7	3,6	13,4	70,3	5,0	13,8
3a	65,3	5,2	13,9	68,7	6,0	15,2
3b	63,4	9,2	13,9	65,2	9,7	15,5

Las propiedades que el sistema puede medir para cada mancha detectada son:

- a) Área de la mancha (en píxeles de la imagen y mm<sup>2</sup>).
- b) Dimensiones del rectángulo que rodea la mancha (Ambas en píxeles y mm). Esto es útil para determinar la altura y anchura de la mancha.

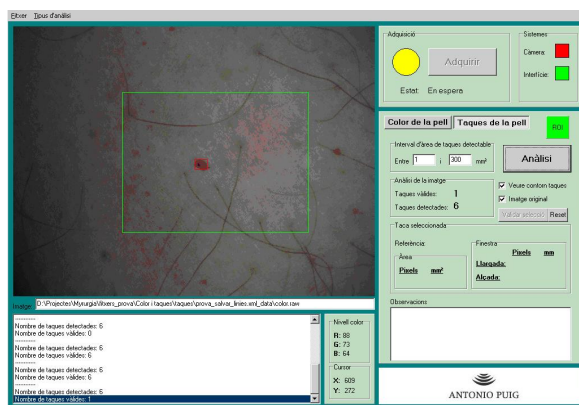


Fig. 4. Ejemplo de detección de una mancha.

#### 4. Conclusión

En el presente artículo se describe un nuevo sistema desarrollado para realizar medidas colorimétricas y detectar manchas en la piel humana. El sistema se compone de una cámara en color CCD, una fuente de luz basada en LEDs y un ordenador portátil. A partir de una imagen RGB de la piel adquirida con el instrumento se puede determinar su color así también como el tamaño de las manchas presentes en la muestra. El sistema proporciona las coordenadas CIELAB ( $L^*a^*b^*$ ), el croma y el parámetro ITA (Individual Tipology Angle) de la muestra medida, permitiendo además la comparación con otras imágenes de referencia a

través de diferencias de color CIELAB. El sistema también detecta manchas de la edad, manchas solares, pecas, espinillas, puntos negros, etc., pudiéndose medir objetivamente su forma y su área.

Para verificar la eficacia del sistema se han realizado medidas colorimétricas sobre un conjunto de 30 muestras de piel diferentes, obteniendo una diferencia de color entre los valores estimados y reales de  $4.94 \pm 1.84$  (diferencia de color media y desviación estándar correspondiente), lo que corrobora la elevada precisión del sistema en cuanto a la medida del color.

Por otro lado, también se ha verificado la gran capacidad del sistema para detectar manchas en la piel en un gran número de muestras, determinando su área, en  $\text{mm}^2$  y píxeles, y las dimensiones del rectángulo que la rodea (altura y anchura), en mm y en píxeles.

#### Agradecimientos

Queremos agradecer a Antonio Puig S. L. su ayuda económica y al personal del CD6 que ha permitido que tomáramos imágenes de su piel y de sus manchas.