

# Medición de la transmitancia espectral de la uña humana en el espectro visible y en el infrarrojo cercano

F. J. Sánchez Marín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Investigador Titular, Centro de Investigaciones en Óptica, León, Guanajuato, México

**Resumen**— Se presenta un nuevo método para medir la transmitancia de la uña humana. Con dicho método se investigaron las propiedades de transmisión de la uña humana en espectro visible y en el infrarrojo cercano. Para eso, se construyeron una fuente de luz apropiada, un dispositivo para posicionar la uña, así como una cámara hiperespectral basada en el filtrado de interferencia. Con las mediciones realizadas se muestra la variación de la transmitancia de la uña como función de la longitud de onda. Los resultados de este estudio pueden contribuir al esclarecimiento de las reacciones oncolíticas que, hasta el día de hoy, no están bien comprendidas.

**Palabras clave**—transmitancia, imágenes hiperespectrales, uña humana.

## I. INTRODUCCIÓN

Muchas veces, la uña es considerada como, simplemente, un componente inerte del cuerpo humano. Sin embargo, alteraciones de la uña de diferente etiología, con frecuencia, pueden ser de importancia diagnóstica de una enfermedad asociada que puede llegar a producir incapacidad en el paciente [1]. Respecto a la investigación de las propiedades ópticas de la uña, solo hay unas cuantas publicaciones relacionadas. Parece ser que los pioneros en este tema fueron Parker y Diffey [2]. Estos autores midieron la transmitancia de las uñas de los pies de un cadáver en el rango de 300 a 600 nm. Para eso, hicieron uso de un monocromador, una guía de luz llena de un líquido, una esfera integradora y un fotodiodo. En un estudio previo, Gammeltoft and Wulf [3] describieron el uso de los rayos X en el tratamiento de enfermedades de la placa de la uña y midieron la transmisión de ese tipo de radiación a través de la uña sana y enferma, pero hicieron énfasis en los efectos resultantes de utilizar la Bucky-Potter. En el presente trabajo, se investigaron las propiedades de transmisión de la uña humana en espectro visible y en el infrarrojo cercano. Para eso, se construyeron una fuente de luz apropiada, un dispositivo posicionador de la uña in situ (sin remover del dedo), así como una cámara hiperespectral basada en el filtrado de interferencia. Con las mediciones realizadas se muestra la variación de la transmitancia de la uña como función de la longitud de onda. Los resultados de este estudio pueden contribuir al esclarecimiento de las reacciones oncolíticas que, hasta el día de hoy, no están bien comprendidas.

## II. METODOLOGÍA

Para calcular la transmitancia espectral de la uña humana se hizo uso de imágenes hiperespectrales. Las imágenes hiperespectrales proporcionan representaciones tanto espaciales como espectrales de las escenas en cuestión. En estas imágenes, tanto los materiales como las fuentes de iluminación participantes son de vital importancia. Estas imágenes son diferentes a las imágenes RGB que dividen el espectro de la luz en solo tres rangos amplios y sobrepuestos de longitudes de onda correspondientes al rojo, al verde y al azul. En contraste, una cámara espectral divide el espectro en varias secciones contiguas produciendo representaciones de las escenas para cada una de dichas secciones del espectro. Normalmente, una imagen espectral se representa como un cubo con dos dimensiones espaciales que pueden medirse en píxeles, por ejemplo, y una espectral, medida en longitudes de onda, como se muestra en la Figura 1.

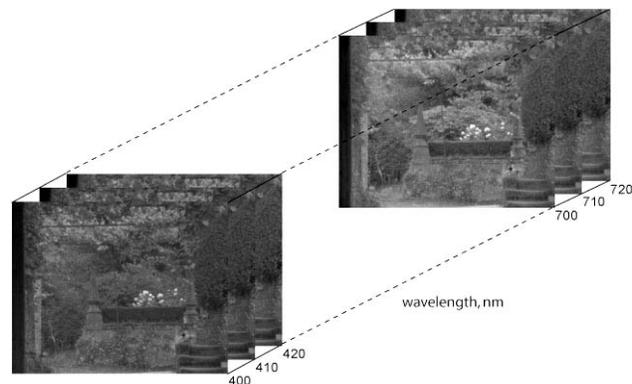


Fig. 1. Imagen hiperespectral de una escena natural.

La cámara espectral que se utilizó en el presente trabajo se construyó haciendo uso de 32 filtros de interferencia, un sensor ccd Panasonic de tonos de gris y una tarjeta digitalizadora Data Translation, instalada en una computadora personal.

La fuente de iluminación incluyó una lámpara de tungsteno y halógeno Halopar 16 ST, con reflector parabólico. Esta lámpara cubre todo el espectro visible y parte del infrarrojo cercano. Para condensar la luz se utilizó una lente Olympus de 50 mm de distancia focal.

Para iluminar las uñas, la luz fue conducida a través de fibra óptica de polimetil-metacrilato (PMMA), multimodal, de 1 mm de diámetro.

Para mantener la uña estática y en la trayectoria de la luz, se construyó un “dispositivo posicionador,” haciendo uso de un bloque de aluminio de base cuadrada de 37.5 x 37.5 mm, y 50 mm de longitud. En dicho bloque se perforó un barreno de 1 mm de diámetro, de lado a lado, al centro de las caras cuadradas. Por dicho barreno se hizo pasar la fibra óptica que se interrumpía al inicio de otro barreno de 25 mm de diámetro, maquinado en una de las caras laterales, por donde se introducía el dedo para posicionar la uña en la trayectoria de la luz.

La transmitancia de las uñas se calculó mediante la ecuación

$$T^x(\lambda_i) = \frac{I_2^x(\lambda_i)}{I_1^x(\lambda_i)}, \quad (1)$$

donde  $I_1^x(\lambda_i)$ , representa el  $i$ -ésimo componente espectral de de las imágenes adquiridas a las distintas longitudes de onda con la uña posicionada en la trayectoria de la luz e  $I_2^x(\lambda_i)$ , representa  $i$ -ésimo componente espectral de de las imágenes adquiridas a las distintas longitudes de onda sin la uña posicionada en la trayectoria de la luz. Es decir, las imágenes adquiridas fueron utilizadas para medir la radiancia espectral con y sin la uña en la trayectoria de la luz. Esto fue así porque lo que se adquirió fueron las imágenes del extremo de salida de la fibra óptica, como la que se muestra en la Fig. 2.

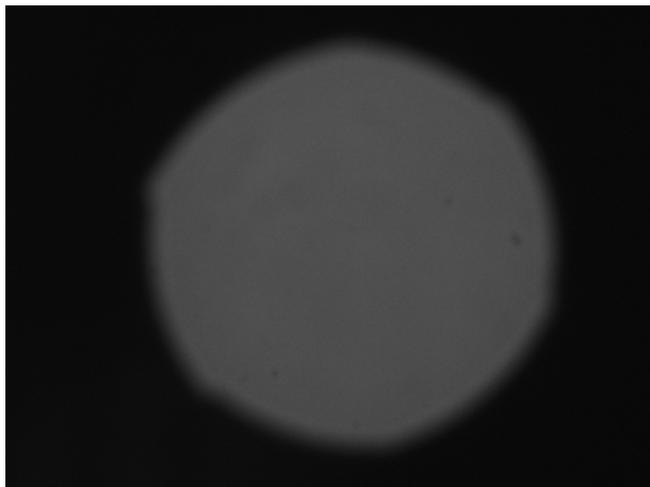


Fig. 2. Componente espectral del extremo de salida de la fibra óptica obtenida en uno de los experimentos.

Un total de 10 voluntarios participaron en los experimentos. Las edades de los sujetos participantes variaron entre los 20 y los 22 años. A todos los participantes se les informó con detalle sobre la naturaleza de los experimentos. Todos aceptaron participar de manera voluntaria convencidos de la inocuidad de los experimentos.

Se adquirieron un total de 60 imágenes por participante a intervalos aproximadamente regulares entre 450 y 850 nanómetros. Treinta de dichas imágenes se adquirieron con la uña en la trayectoria de la luz y 30 con la uña en la trayectoria de la luz.

La parte de la uña que se utilizó para adquirir las imágenes fue la banda onicocorneal. Esta banda constituye la parte distal de la uña. Se eligió esta parte de la uña por su accesibilidad para realizar estudios no invasivos.

### III. RESULTADOS

En la Fig. 3 se muestra la transmitancia promedio de las uñas de 10 voluntarios participantes. Como puede verse, la transmitancia mínima se da a, aproximadamente 550 nanómetros (verde) y tiende a incrementarse tanto hacia el ultravioleta como hacia el infrarrojo.

La clara tendencia de incremento en la transmitancia hacia la región del ultravioleta puede explicar efectividad de tratamientos, a base de luz ultravioleta solamente, o de una combinación de ese tipo de radiación con medicamentos que se activan con la misma.

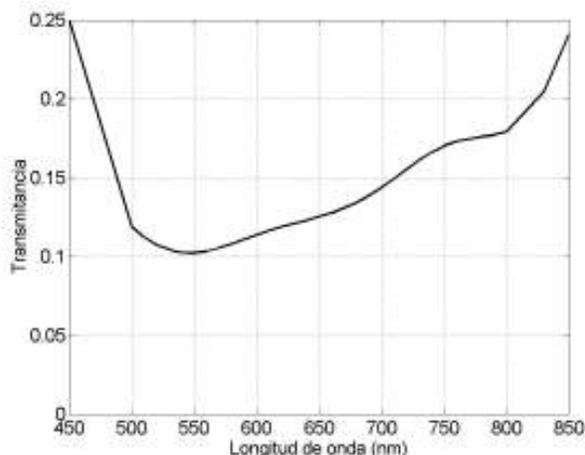


Fig. 3. Promedio de la transmitancia de las uñas de 10 voluntarios.

En cuanto a la, también clara, tendencia a de incremento en la transmitancia de la uña en el infrarrojo cercano puede ser de utilidad en el diseño de tratamientos de enfermedades relacionadas con la uña, pero sin incrementar el riesgo de desarrollar cáncer. Este tipo de riesgo se ha visto asociado con la radiación ultravioleta.

#### IV. DISCUSIÓN

En investigaciones previas, como la realizada por Parker y Diffey [2], se utilizaron uñas provenientes de cadáveres. Hasta donde sabemos, esta sería la primera vez que se realiza un investigación sobre la transmisión de luz con uñas *in situ*. Es decir, sin ser removidas de los dedos. Esto es de importancia porque las características de todo tejido cambian, casi inmediatamente, después de la muerte. Por otro lado, tampoco se encontraron registros sobre la transmitancia de la uña en todo el espectro visible y el infrarrojo cercano.

Dadas las pequeñas dimensiones tanto de la banda onicocorneal como la de la fibra óptica utilizada, el “dispositivo posicionador de la uña” fue de gran ayuda para mantener la uña estática en la trayectoria de la luz, durante la adquisición de imágenes.

Una vez obtenida la transmitancia de las uñas, se trató de calcular el coeficiente de atenuación de la uña mediante la ley de Beer. Sin embargo, se notó que la aplicación directa de dicha ley no es adecuada dado que las variaciones en las transmitancias medidas no son debidas, exclusivamente a variaciones en el grosor de las uñas sino, más bien, a variaciones en la composición química de las distintas uñas.

La onicólisis (o desprendimiento de la uña) es producida por diversas causas. Entre las más conocidas están la psoriasis y las fallas de circulación sanguínea periférica. Sin embargo, se han encontrado evidencias de onicólisis causada por lo que se conoce como fotosensitividad química inducida. Esta fotosensitividad ocurre cuando un medicamento o agente químico se combina con radiación electromagnética (típicamente, luz ultravioleta) para causar una reacción fototóxica. En este caso, el conocimiento de la transmitancia de la uña humana, puede ser de utilidad para diseñar tratamientos de micosis u otras enfermedades en los que no intervenga (o se prevean los efectos de) la radiación ultravioleta.

#### V. CONCLUSIONES

Es posible determinar la transmitancia espectral de la uña humana *in situ* mediante el uso de imágenes hiperespectrales.

Las variaciones en la transmitancia de la uña no son debidas solo al grosor de las uñas sino, de manera principal, a la distinta composición química de cada uña. Se llegó a esta conclusión debido a que el sujeto que presentó la transmitancia más alta, también presentó el mayor grosor de la uña. Esto último demuestra la importancia de la realización de estudios hiperespectrales.

El conocimiento de las propiedades ópticas de la uña humana, como la transmitancia, puede ser de utilidad para diseñar tratamientos de micosis u otras enfermedades en los que no intervenga la radiación ultravioleta.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Iglesias et al., “Prevalence and nature of nail alterations in pediatric patients,” *Ped. Dermatol.*, vol.18, no. 2, pp. 107-109, 2001.
- [2] S.G. Parker and B.L. Diffey, “The transmission of optical radiation through the human nail,” *Brit. J. Dermatol.*, vol.108, pp. 11-16, 1983.
- [3] M. Gammeltoft and H.C. Wulf, “Transmission of 12 kV Grenz rays and 29 kV X-rays through normal and diseased nails,” *Acta Dermatol. Venereol.*, vol. 60, no. 5, pp.:431-432, 1980.