



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## **Análisis de Arte Pictórico Mediante Imágenes Espectrales**

Francisco J. Sánchez Marín, Ph.D.  
sanchez@cio.mx  
Centro de Investigaciones en Óptica

Salvador Salas Zamudio, Dr.  
photosalvador@hotmail.com  
Universidad de Guanajuato



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## Abstract

En el presente trabajo se obtuvieron imágenes espectrales de tres obras pictóricas al óleo. Dichas imágenes espectrales consistieron de 31 componentes abarcando de los 400 a los 900 nanómetros. Las 31 componentes de cada cuadro fueron analizadas haciendo uso del algoritmo de ecualización de histograma y del algoritmo de Sobel, para detectar bordes. La ecualización de histograma no arrojó resultados de interés, pero la detección de bordes produjo resultados interesantes, solamente en el componente correspondiente a los 850 nanómetros, el cual se ubica en el infrarrojo cercano. Estos resultados parecen representar los trazos originales que los autores de las obras pictóricas realizaron al inicio de las mismas, con lápiz o carbón. Sin embargo es necesario profundizar en esta investigación a fin de determinar, sin lugar a dudas, si lo detectado a 850 nanómetros son, efectivamente, los primeros trazos hechos al inicio de las obras.

Palabras Clave: Imágenes espectrales, arte pictórico, análisis de imágenes.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## I. Introducción

Tradicionalmente, la adquisición y síntesis de imágenes en color se ha llevado a cabo de manera tricromática [1]; ya sea utilizando películas con tres capas de distinta sensibilidad al color o utilizando tres o cuatro tintas para reproducir el color mediante un sistema de impresión. Aunque esos métodos pueden reconstruir el color de una manera bastante aproximada, con frecuencia producen grandes “corrimientos” de color debido a que los colores de los objetos, en realidad no se pueden formar con solo tres colores básicos, como lo hace un monitor de computadora tradicional. Lo anterior se hace evidente en la captura y reproducción de imágenes de objetos metaméricos que, siendo objetos con diferentes propiedades espectrales, aparecen como idénticos ante un observador y bajo ciertas condiciones de iluminación. Es decir, dos objetos metaméricos pueden aparecer como, prácticamente, idénticos a un observador dado, pero aparecen bastante diferentes ante una cámara [2]. También, puede suceder que, bajo una iluminación dada, los colores de una reproducción sean muy parecidos a los de la escena original, pero es muy probable que ese parecido desaparezca con solo cambiar el tipo de iluminación.

Las imágenes espectrales proporcionan representaciones tanto espaciales como espectrales de las escenas, materiales y fuentes de iluminación



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

participantes [3,4]. Son diferentes a las imágenes RGB (Red-Green-Blue) obtenidas con cámaras fotográficas o de video convencionales 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 que cuando se combinan producen escenas que son prácticamente realistas para el ojo humano. 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 [5]. El número de secciones en que se divide el segmento depende de la aplicación. Esta segmentación espectral puede revelar estructuras espectrales que muchas veces no son detectables a simple vista o utilizando una cámara RGB convencional [3]. Pueden hacerse evidentes fenómenos relacionados con el metamerismo [6] o con el fenómeno denominado constancia del color [7]. Normalmente, una imagen espectral se representa como un cubo con dos dimensiones

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

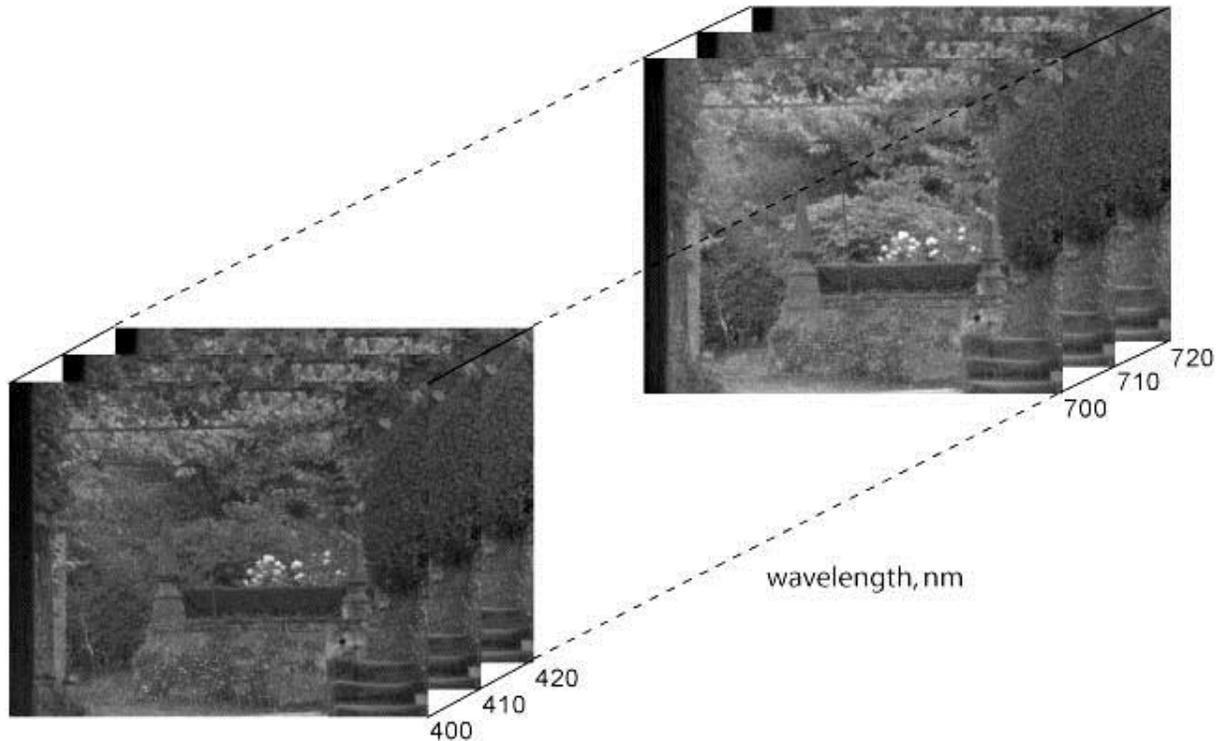


Figura 1. Componentes de una imagen espectral de una escena natural

espaciales que pueden medirse en píxeles, por ejemplo, y una espectral, medida en longitudes de onda, como se muestra en la Figura 1.

En este ejemplo, el espectro fue muestreado a intervalos de 10 nanómetros en el rango de 400 a 720 nanómetros, el cual se considera como el rango visible. Pero también se puede incluir una parte del infrarrojo y/o del ultravioleta.

En este tipo de imágenes se está registrando la reflectancia de los objetos a longitudes de onda específicas, por lo que la iluminación también se maneja de manera espectral, es decir a longitudes de onda específicas y correspondientes.

Con imágenes espectrales se puede obtener, por ejemplo, información respecto a los materiales utilizados para elaborar los pigmentos que se usaron



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

para crear una obra pictórica dada [8,9,10]. También se pueden investigar los cambios que se dan en la apariencia de un cuadro bajo distintos tipos de iluminación o, en dado caso, si ocurre el fenómeno conocido como la constancia del color.

En el presente trabajo se muestran los avances logrados hasta ahora sobre el análisis de imágenes espectrales de obras pictóricas para detectar si en alguno de los 31 componentes de las imágenes espectrales había evidencia de los trazos originales que los pintores hacen cuando inician una obra. Normalmente este tipo trazos se realizan con grafito u otro tipo de material, antes de aplicar el óleo. Esta información es importante para fines de autenticación de arte pictórico y para fines de restauración.

## II. Metodología

Con la finalidad de contar con la información espectral de las obras pictóricas disponibles, se adquirieron imágenes espectrales de ellas. Dichas imágenes fueron adquiridas con una cámara espectral diseñada y construida por uno de los autores del presente trabajo. Cada imagen hiperespectral consta de una serie de 31 imágenes, de la misma escena, abarcando de 400 a 900 nm. Los bloques de imágenes se adquirieron en un estudio profesional utilizando iluminación artificial controlada. Las obras de arte pictórico disponibles son tres óleos sobre lámina de zinc con distintos grados de deterioro, uno de ellas es de más de un siglo de antigüedad.

Se analizaron cada uno de los componentes espectrales de las tres obras haciendo uso de la técnicas de ecualización de histograma y la de detección de bordes con el algoritmo de Sobel [11]. La ecualización de histograma se utilizó para hacer visibles áreas de las imágenes que no podían verse en los componentes hiperespectrales originales, mientras que el algoritmo de Sobel sirvió



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

para resaltar los bordes de las imágenes, dado que lo que los trazos originales, cuando existen, son precisamente, una especie de bordes.

### III. Resultados

En la Figura 2 se muestra una de las tres obras pictóricas que fueron analizadas. Para llevar a cabo el análisis, dado que los primeros trazos de una obra pictórica son líneas, a cada uno de los 31 componentes de cada imagen espectral se le aplicó el algoritmo de Sobel para detectar bordes (líneas). En el primer tercio de los componentes de las imágenes espectrales se obtuvieron imágenes como la que se

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635



Figura 2. Oleo sobre lámina de zinc con avanzado grado de deterioro.

muestra en la Figura 3. Como se puede ver, los trazos aparecen incompletos y “contaminados,” es decir con información claramente distinta a la que producirían los trazos originales del cuadro. Además, los bordes detectados aparecen con distintas intensidades.

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635



Fig. 3. Componente correspondiente a una longitud de onda de 500 nm. A la izquierda se muestra el componente original y a la derecha el resultado del algoritmo de Sobel.

En el segundo tercio de los componentes de las imágenes espectrales se obtuvieron imágenes como la que se muestra en la Figura 4. Como puede verse, los resultados fueron similares a los obtenidos con el primer tercio de los componentes de las imágenes espectrales.

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635



Fig. 4. Componente correspondiente a una longitud de onda de 600 nm. A la izquierda se muestra el componente original y a la derecha el resultado del algoritmo de Sobel.

En el último tercio de las componentes de las imágenes espectrales se obtuvieron resultados similares a los anteriores, excepto para una longitud de onda de 850 nm. En este caso, el resultado obtenido muestra lo que pudieron ser los trazos que se hicieron cuando se inició la obra. No solo aparecen los trazos completos y, prácticamente sin “contaminación,” sino que también aparecen con la misma intensidad. Esto se puede ver en la Figura 5.

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635



Fig. 5. Componente correspondiente a una longitud de onda de 850 nm. A la izquierda se muestra el componente original y a la derecha el resultado del algoritmo de Sobel.

Para confirmar que lo detectado en el componente de 850 nm son, efectivamente, los primeros trazos de las obras analizadas, se está planeando un experimento que se llevará a cabo a la brevedad posible.

Cabe hacer notar que la aplicación del algoritmo de ecualización de histograma, no arrojó información de interés en ninguna de las imágenes analizadas.

#### IV. Conclusiones



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Hay indicios de consideración como para asumir que los trazos originales de un cuadro al óleo pueden ser detectados mediante imágenes espectrales correspondientes al infrarrojo cercano. Sin embargo, es necesario profundizar en esta investigación a fin de determinar si, efectivamente, eso es posible.

### V. Bibliografía.

- [1] Borges C. F. (1991) Trichromatic approximation method for surface illumination, *J. Opt. Soc. Am. A* 8, 1319–1323.
- [2] Garrett M. Johnson and Mark D. Fairchild (1999) Full-spectral color calculations in realistic image synthesis. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 1-7.
- [3] C. A. Parraga, G. Brelstaff, T. Troscianko. Color and luminance information in natural scenes. *J. Opt. Soc. Am. A.* **15** (3), 1998, 563-569.
- [4] D. B. Judd, D. L. MacAdam, and G. Wyszecky, “Spectral distribution of typical daylight as a function of correlated color temperature,” *J. Opt. Soc. Am.*, **54**(8), 1964, 1031-1040.
- [5] M. S. Peercy, D. R. Baum, B. M. Zhu, “Linear color representations for efficient image synthesis,” *Color Res. Appl.*, **21**(2), 1996, 129-137.
- [6] D. H. Foster, K. Amano, S. M. C. Nascimento, M. J. Foster. Frequency of metamerism in natural scenes. *J. Opt. Soc. Am. A.* **23** (10) 2006, 2359-2372.
- [7] D. H. Foster, K. Amano, S. M. C. Nascimento. Color constancy in natural scenes explained by global image statistics. *Visual Neuroscience.* **23**, 2006, 341–349.
- [8] P. Carcagnì, A. Della Patria, R. Fontana, M. Greco, M. Mastroianni, M. Materazzi, E. Pampaloni, L. Pezzati. Multispectral imaging of paintings by optical scanning. *Optics and Lasers in Engineering.* Vol. 45 (3), 2007, 360–367.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

[9] A. Del Mastio , A . Pelagotti , and V . Cappellini. Multispectral and multi-modal imaging data processing for the identification of painting materials. Proceedings of the International Conference Lacona VII, Madrid, Spain, 17 - 21 September 2007. Edited by Javier Ruiz , Roxana Radvan , Mohamed Oujja , Marta Castillejo , and Pablo Moreno. CRC Press, 2008, 453–458.

[10] H. Liang, K. Keita, B. Peric, T. Vajzovic. Pigment identification with optical coherence tomography and multispectral imaging. Proc. OSAV'2008, The 2nd Int. Topical Meeting on Optical Sensing and Artificial Vision. St. Petersburg, Russia, 2008, 33-42.

[11] R.C.Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, Reading, Massachusetts, 1992.