

# ESPECTROFOTOMETRÍA DE LA LÍNEA DE COLORES ISAOL Y SU COMPARACIÓN CON REGISTRO DIGITAL

Beatriz Moreno, Instituto Superior de Arte, Habana, Cuba

Marisa Martínez, Universidad Politécnica de Valencia. España

Trabajo realizado en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Politécnica de Valencia, España

## RESUMEN

Se realizó la caracterización por espectrofotometría de la línea de colores ISAOL, que produce el Instituto Superior de Arte de La Habana, comparándola con la medición por registro digital. Sobre un lienzo con preparación comercial, se aplicaron los colores en estudio y se determinaron los espectros por reflexión y las coordenadas  $L^*a^*b^*$ . El lienzo se escaneó y se registró por fotografía digital, y se obtuvieron las coordenadas de color en ambas imágenes. Se compararon los valores obtenidos por espectrofotometría y los dados por las dos imágenes. Se obtuvo que el color de una superficie se puede medir aproximadamente, usando estos medios de registro digital. Sin embargo para medir pequeñas diferencias de color los errores fueron considerables, por lo que su uso no se aconseja en tal circunstancia.

**Palabras clave:** colores ISAOL, colorimetría, espectrofotometría, registro digital.

## ABSTRACT

In this paper are described the results of the characterization by spectrophotometry and the colorimetric coordinates  $L^*a^*b^*$  of ISAOL color paintings, produced at the Higher Institute of Arts in Havana. A test probe was prepared with commercial primed canvas, and was painted with the studied colors. Reflection spectra and colorimetric coordinates  $L^*a^*b^*$  were obtained. The canvas was scanned and registered by a digital camera. Values obtained with the spectrophotometer were compared with the results from the digitalized images. It was obtained that it is possible, within certain limits of accuracy, to use the digitalized images to measure color. A proof was made in order to measure little differences of color, and errors were considerable.

## INTRODUCCIÓN

La línea de colores ISAOL que produce el Instituto Superior de Arte de Cuba había sido estudiada desde el punto de vista de su resistencia a diferentes agentes agresivos. No obstante, no se había realizado un estudio espectrofotométrico por reflexión. Luego, ese es el primer objetivo de este trabajo, caracterizar por espectrofotometría la línea de colores ISAOL.

El registro de las imágenes en todas las instituciones culturales del país, se realiza por medio de la fotografía, tanto analógica como digital, y en algunos casos del escáner. Teniendo en cuenta la importancia que tiene para la restauración el conocimiento del color exacto de una pieza, resulta necesario determinar el grado de exactitud de registro del color de los equipos utilizados. Por ejemplo, en caso de un accidente (digamos, un incendio pequeño en el almacén de un museo) puede surgir un faltante importante en una obra pictórica. Si se va a los archivos digitales, a buscar el color cuantificado en una imagen, el valor registrado puede tener errores. Por estos motivos, se diseñó y aplicó una prueba para comparar los resultados del registro digital con el de un instrumento preciso como el espectrofotómetro, constituyendo este problema el segundo objetivo del trabajo.

El tercer aspecto analizado fue la posibilidad de medir diferencias pequeñas de color con el escáner y la fotografía. La variación del color en el tiempo, así como su afectación ante diferentes agentes de deterioro, o procedimientos de restauración, es un problema importante que es preciso controlar (1).

### Acerca de la cuantificación del color

Todo color se puede definir mediante tres cantidades, que varían según el sistema empleado. La medición de un color se realiza a partir de su composición sobre la base de tres primarios que se mezclan en forma aditiva. Pueden elegirse diversos conjuntos de tres primarios, que deben tener ciertas propiedades, pero se han definido tres funciones conocidas como curvas triestimulares de color que son las usadas habitualmente para este fin. Conociendo el espectro de una radiación determinada, es posible conocer su composición en función de estas curvas triestimulares. De ahí surgen los llamados coeficientes tricromáticos. Una vez que se conocen estos últimos, mediante ecuaciones de transformación de un espacio tridimensional a otro, se pueden calcular los tres valores que caracterizan a un color en cualquiera de los sistemas.

En este estudio se utilizó el CIE  $L^*a^*b^*$  porque es el que mejor refleja las diferencias de color en función de la percepción del ser humano y medir

diferencias es precisamente uno de los objetivos. En estas coordenadas,  $L^*$  significa la luminosidad del color y va de cero a cien,  $a^*$  es una escala perpendicular a la anterior que corre desde el verde (-60) hasta el rojo (+60) y  $b^*$ , perpendicular a las dos escalas anteriores, corre desde el azul (-60) hasta el amarillo (+60). De esta forma se define un sólido en el cual están contenidos todos los colores. La obtención de estos valores numéricos es un problema que resuelve el ordenador acoplado al espectrofotómetro, tomando como base los resultados del espectro obtenido y las curvas triestimulares de color para el cálculo de los coeficientes tricromáticos. Luego, aplicando las ecuaciones de transformación entre los diferentes espacios tridimensionales que caracterizan a las mediciones de color, se puede pasar de un sistema a otro (2).

### Acerca del equipamiento y probeta utilizados

El equipo con el cual se realizaron las mediciones que consideramos verdaderas fue el espectrofotómetro MINOLTA CM-5031. Se trata de un espectrofotómetro por reflexión, con esfera integradora. El mismo trabaja con una lámpara de arco de Xenón pulsante y posee una matriz de fotodiodos de silicio con matriz de filtros espectrales. Trabaja en el rango visible, (400 a 700 nm) y promedia el valor en un área circular de 4 mm de diámetro. Este equipo da los valores colorimétricos en varios sistemas, nosotros trabajamos en el sistema  $L^*a^*b^*$ . Es de señalar que tiene una desviación estándar  $\Delta E^*$  (integra los tres parámetros) igual a 0,06 y que había sido calibrado un mes atrás. El escáner utilizado fue un ACER SCAN PRISA 124 y la cámara digital fue el modelo No. C-4 de la OLYMPUS Opt. Co. LTD 5AP.

Los colores de la línea ISAOL estudiados fueron los siguientes: Blanco Titanio, Amarillo Permanente, Rojo Cadmio Claro, Azul Ftalo, Verde Brillante y Sombra cruda, tanto concentrados como diluidos.

Se preparó una probeta de trabajo sobre un lienzo con preparación comercial. La tela se dividió en dos secciones. En una parte, en seis rectángulos aproximadamente iguales de 2 por 3 centímetros, se pintó con los colores puros, y dando varias capas. En la otra, con idéntica geometría, e igual número de capas, se dispusieron los mismos colores diluidos, buscando una proporción semejante en todos los casos. Para ello se mezclaron 0,1 g de cada color (pesada la cantidad en una balanza PRECISA XT 120) con 400  $\mu$ l de aguarracina. El lienzo se dejó secar durante una semana en condiciones de laboratorio.

Una vez seca la muestra, se midieron todos los colores, concentrados y diluidos, con el espectrofotómetro, en tres puntos diferentes de cada rectángulo, para ser promediados, y se les obtuvo el espectro en un punto representativo. Acto seguido,

se registró la imagen con el escáner y la fotografía digital. Esta última se tomó a la hora del mediodía, colocando el plano de la probeta a 45 grados aproximadamente respecto a la incidencia de los rayos solares, y tomando la foto perpendicularmente, un día despejado.

Los colores en las imágenes digitalizadas se determinaron tomando tres mediciones de cada uno y promediando.

### Caracterización de la línea de colores ISAOL estudiada

En la Tabla I se presentan los valores de las coordenadas CIE medidas con el espectrofotómetro.

Tabla I. Coordenadas CIE de los colores ISAOL.

Color	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Blanco Titanio	97,66	-1,25	1,48
Rojo Cadmio Claro	44,50	56,54	38,43
Amarillo Permanente	81,48	13,73	92,11
Verde Brillante	26,69	- 0,99	-1,31
Azul Ftalo	22,90	6,74	-19,65
Sombra Cruda	26,47	0,64	2,08

En las Figuras 1 y 2 se muestran dos de los espectros obtenidos por reflexión en la pintura concentrada. La 1 muestra el Rojo Cadmio Claro con reflectancia casi nula hasta los 580 nm en donde asciende rápidamente. La 2 muestra el Blanco Titanio. Se observan en este último caso, los excelentes valores de reflectancia en casi todo el espectro visible. Este color, confeccionado con Rutilo, cuando se compara con la gráfica reportada en (3) se observa que nuestro Blanco Titanio tiene una disminución de 2-3 % de la reflectancia espectral para casi todas las longitudes de onda del espectro, con excepción de la zona de los violetas, en donde la diferencia es más notable (30 %)

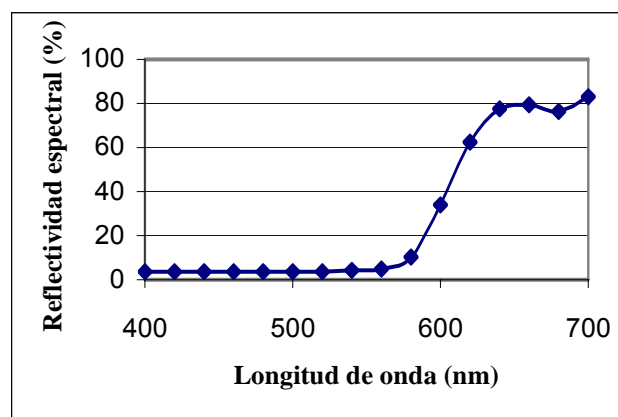
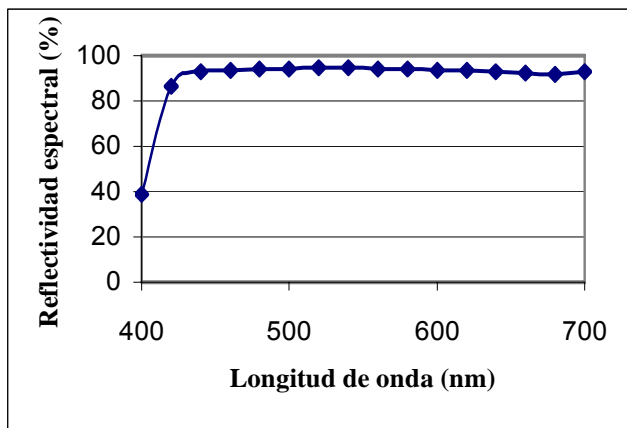


Figura 1. Espectro por reflexión de Rojo Cadmio Claro.



**Figura 2.** Espectro por reflexión del Blanco Titanio.

### Comparación de los diferentes medios de registro

Se midieron mediante el programa Adobe Photo Shop las magnitudes  $L^*a^*b^*$  del conjunto de colores registrada digitalmente. Como cada color es caracterizado por los tres valores, la semejanza entre dos sistemas de medición para todos los colores estudiados debe tener en cuenta simultáneamente los tres índices colorimétricos. No se hace nada comparando las coordenadas por separado. Luego, una medida integradora de la aproximación de un sistema de medición al otro debe ser la pendiente e intercepto de una recta en un gráfico, poniendo todos los parámetros de un sistema en el eje de las abscisas y todos los del otro sistema en el eje de las ordenadas, amén de la correlación con la posible recta resultante. De obtenerse una recta de pendiente unitaria, correlación cercana a uno e intercepto cero, es evidente que los sistemas de medición son compatibles. Y asumiendo que el espectrofotómetro es el más confiable de todos, podemos valorar los resultados con los otros medios de registro. Estos parámetros tienen la bondad de ser sencillos y comprensibles para todos. En la Tabla II se muestran los valores que permiten aquilatar de manera integral la bondad de estas mediciones.

**Tabla II.** Comparación entre las mediciones absolutas del espectrofotómetro y los medios de registro digital de imágenes.

Espectrofotómetro-escáner				
Pendiente	Error	Intercepto	Error	Correlación
0,94	0,09	1,3	4	0,93
Espectrofotómetro-fotografía digital				
Pendiente	Error	Intercepto	Error	Correlación
0,89	0,09	4,7	4	0,92

Para hacer una valoración de hasta qué punto se pueden medir diferencias pequeñas de color, se hizo el mismo razonamiento tomando como datos las variaciones de color con el espectrofotómetro comparadas con las mismas diferencias del escáner y las ídem de la fotografía digital. En la Tabla III se muestran las diferencias acusadas por el espectrofotómetro para las pinturas concentradas y diluidas. Fueron calculadas en coordenadas  $L^*a^*b^*$  por la expresión pitagórica:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

**Tabla III.** Diferencias de color  $\Delta e$  entre las pinturas concentradas y diluidas.

Blanco Titanio	2,91	Verde Brillante	20,02
Rojo Cadmio Claro	11,52	Azul Ftalo	17,12
Amarillo Permanente	9,66	Sombra Cruda	13,11

Se observa que los  $\Delta E$  resultantes son valores mucho mayores en comparación con la desviación estándar 0,06 que reporta el fabricante para su equipo. Por lo tanto, no se puede afirmar que se está trabajando en el límite de sensibilidad. Señalemos además que las diferencias son notables a simple vista y distinguibles para las posibilidades de la impresora. Además, se corresponden con los órdenes de magnitud de diferencias de color a medir típicas de la literatura (3). Las correlaciones obtenidas para estos casos se dan la Tabla IV.

**Tabla IV.** Correlación entre las mediciones de diferencias medidas por el espectrofotómetro y las medidas por el registro digital.

Métodos Comparados	Correlaciones
Espectrofotómetro-Escáner	0,43
Espectrofotómetro-Fotografía Digital	0,40

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Primero que todo, se obtuvieron los espectros por reflexión de una línea ISAOL de pinturas. Además se obtuvieron las coordenadas  $L^*a^*b^*$  de las mismas. Este es un aspecto importante de toda pintura, puesto gracias a este trabajo a disposición del productor y los consumidores.

Para discutir la comparación entre los métodos de medición empleados, es conveniente advertir que se trata de una situación válida para los equipos que estaban a nuestro alcance y que no se pueden generalizar estos resultados arbitrariamente a cualquier medio de registro digital.

Se observa de los resultados de la Tabla II que existe una correlación aceptable en la medición de color por medio del espectrofotómetro tanto con el escáner como con la fotografía digital. También la pendiente es cercana a 1 y el intercepto cercano a cero (teniendo en cuenta el rango de los valores involucrados). Esto significa, que para un conjunto de fines no con muchas exigencias, se pueden estimar los valores de las coordenadas de color a partir de estos económicos y accesibles medios de registro. No obstante, nada más de observar las correlaciones obtenidas en la Tabla IV para el caso de las diferencias de color, se ve que no es posible

proponerse medir estas magnitudes con estos equipos de registro digital. Es evidente que se introducen elevados errores.

Los parámetros para dilucidar estos resultados son muy sencillos de entender para los no especialistas.

#### **AGRADECIMIENTOS**

A las autoridades de la Universidad Politécnica de Valencia, en particular a las del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, por haberme permitido realizar estas mediciones allí.

#### **REFERENCIAS**

1. SAUNDERS, D.; H. CHAHINE, H. and J. CUPPIT (1996): "Long-term Colour Change Measurement: Some Results after Twenty Years". **Natl. Gallery Technical Bulletin** 17.
2. WATT, ALAN (1989): "Fundamentals of three dimensional computer graphics". Addison Wesley Publishers Ltd.
3. MAYER, RALPH (1993): "Materiales y Técnicas del Arte" Ed. Turse Hermann Blume, Madrid.