

Colorimetría en el estudio del envejecimiento de polímeros y viabilidad de intervenciones de adhesión y consolidación en pintura actual

M^a Teresa Pastor Valls

Resumen—El presente artículo trata del uso y aplicación de la colorimetría como sistema de control para la evaluación del envejecimiento de polímeros y su viabilidad en las intervenciones de adhesión y consolidación, por lo que respecta a los cambios de tipo óptico.

Palabras Claves— Colorimetría, adhesivos, consolidantes, polímeros, envejecimiento, cambios, adhesión, consolidación.



1. INTRODUCCIÓN

A largo plazo, la eficacia de los tratamientos de estabilización (adhesión y consolidación) puede verse afectada por la acción directa de factores como la luz, la humedad relativa, la temperatura y los agentes ambientales. Estos aceleran las reacciones de deterioro de las obras, pero también de los materiales introducidos en su restauración[1].

Debido a las características de dichas intervenciones, los polímeros introducidos difícilmente podrán ser extraídos completamente tras una intervención, por lo que la reversibilidad será muy técnicamente muy limitada. Puesto que un cambio de color en la superficie tratada de una obra, y mucho más en arte contemporáneo, podría implicar además una alteración de su concepto, debemos asegurarnos de que la selección de los materiales y sistemas de aplicación cumpla ciertos requisitos de estabilidad, compatibilidad y buen envejecimiento.



Fig. 1. Evaluación de los cambios ópticos tras la consolidación de *El vendedor de cocos* de Salvador Soria, (Ateneo Mercantil de Valencia) en el IVC+R con un colorímetro X-Rite®. Foto: M. Pastor.

En este sentido, la espectroscopía UV-VIS y colorimetría nos aportarán información objetiva sobre los cambios

colorimétricos y de reflectividad de los productos antes y después de su introducción y envejecimiento. La aplicación de estas técnicas puede realizarse previamente tanto en probetas combinando el uso de cámaras de envejecimiento artificial o de brillómetros por lo que respecta a las características de superficie o emplearse como sistemas de control de la efectividad de los tratamientos en obra real. Así, se obtienen datos objetivos frente a la subjetividad de los estudios realizados visualmente.

2. ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS Y COLORIMETRÍA:

La espectrometría ultravioleta-visible o espectrofotometría UV-Vis es una técnica espectroscópica de absorción que implica la espectroscopia de fotones en la región de radiación ultravioleta-visible (visible y adyacentes: UV e IR cercanos). Esta mide la cantidad de energía que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación. Si una radiación monocromática atraviesa una disolución, se produce una relación entre la radiación incidente y la emergente denominada transmitancia (T). Así, el logaritmo de la inversa de la transmitancia es equivalente a la absorbancia (A), (1):

$$T = I/I_0 \text{ o } \%T = I/I_0 \cdot 100$$

Donde: I: radiación incidente, I₀: radiación emergente (1)

$$A = \log 1/T = \log I_0/I$$

En las sustancias sólidas la medida de la absorción de la radiación UV-VIS (190-900 nm) se realiza mediante el método de la Reflectancia difusa. Esta se mide a partir de la luz reflejada por la muestra, de forma que la reflectancia puede ser especular SP (en la misma dirección que la radiación luminosa incidente sobre la muestra) o difusa RD (de menor intensidad y a distintos ángulos que la radiación incidente sin dirección privilegiada, designando el reflejo de la luz para las superficies mates)[2].

En 1976, la CIE establece el sistema colorimétrico CIE L*a*b* (Fig. 281), siendo el más empleado por la industria, así como en el ámbito de la conservación restauración. Pues, desde hace décadas, la colorimetría constituye una

herramienta esencial en el control del deterioro de las obras y en la evaluación de los tratamientos de limpieza o las intervenciones de consolidación de estratos pictóricos pulverulentos.

3. INDICE DE AMARILLEO YI Y DIFERENCIA TOTAL DE COLOR, ΔE^* :

Tras realizar las mediciones con un espectrofotómetro o colorímetro, pueden calcularse las variaciones de color, estableciéndose una tolerancia en las medidas de los parámetros cromáticos extraídos: L^* , a^* , b^* .

TABLA 1. $A^* B^* L^*$.

a^*	Tonalidad	Eje del color rojo (+) a verde (-)
b^*		Eje amarillo (+) a azul (-)
L^*	Luminosidad	Escala de 0 (negro) a 100 (blanco)

Para evaluar la diferencia entre dos colores, se emplea la ecuación de Diferencia total de color ΔE^* (2), siendo diferentes a partir de $\Delta E^* = +1,22$. También pueden calcularse las diferencias de luminosidad ΔL^* , saturación ΔC^*_{ab} y tono ΔH^*_{ab} , así como otro valor de gran interés para la conservación restauración, indicador de la oxidación, degradación o a la presencia de suciedad: el índice de amarilleo YI (3) [3].

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

Donde: ΔE^*

ΔL^* : $L^*_{\text{muestra}} - L^*_{\text{estándar}}$.

Δa^* : $a^*_{\text{muestra}} - a^*_{\text{estándar}}$.

Δb^* : $b^*_{\text{muestra}} - b^*_{\text{estándar}}$.

$$YI = 100 (1.28X - 1.06Z)/Y \quad (3)$$

$$YI = ((X-Z)/Y) .100$$

Donde X, Z e Y = valores triestímulos CIE

El valor medio de YI establecido como aceptable puede obtenerse por ejemplo a partir de cálculos de distribución de los valores obtenidos tras la medición de las muestras antes y después del envejecimiento.

Por otro lado, el valor de ΔE^* puede establecerse según los distintos criterios establecidos por la industria en el control de calidad de la producción de elementos iguales en serie (ej. $\Delta E^* < 3$, etc.) o escoger uno más bajo teniendo en cuenta la evolución futura de los materiales introducidos en un tratamiento de restauración y su posible afectación del color de los materiales constitutivos. En el ámbito de los bienes culturales el rango estaría entre 1 y 2, tal y como puede observarse en los distintos estudios sobre consolidación de los congresos del 2006 y 2008 organizados por el Cesmar7[4].

4. EVALUANDO EL ENVEJECIMIENTO DE FILMS POLÍMEROS Y LOS CAMBIOS TRAS LA ESTABILIZACIÓN DE PINTURA VINÍLICA:

La evaluación del envejecimiento de diversos polímeros orgánicos a nivel de color puede realizarse formando películas secas a partir de disoluciones concentradas en condiciones ambientales controladas. Una vez formados

los *films* estos pueden cortarse en función de las pruebas a desarrollar y del tipo de envejecimiento acelerado al que vayan a someterse para ser posteriormente comparados con un grupo patrón no envejecido.

Sin entrar en los resultados obtenidos para centrarnos en describir la metodología empleada en el desarrollo de diversas investigaciones llevadas a cabo en esta línea [5], señalar que para el estudio de los distintos tipos de polímero mediante reflectancia difusa, pueden prepararse tres unidades de 3,5 cm x 1,75 cm para cada clase de envejecimiento y grupo de referencia o patrón.

Además de las curvas de reflectancia, las coordenadas colorimétricas $L^* a^* b^*$ se extrajeron empleando un espectrofotómetro UV-VIS Jasco V-670 de doble haz con un solo Monocromador y software Spectra Manager™ II, perteneciente a los laboratorios del Dpto. de Química Inorgánica y Orgánica de la Universitat Jaume I, con las siguientes condiciones de trabajo: rango 200-2500 nm, velocidad de escaneo de 800 nm/min, intervalo de muestreo 1 nm, anchura del hendidado 2 nm y longitud de paso 10 mm¹.

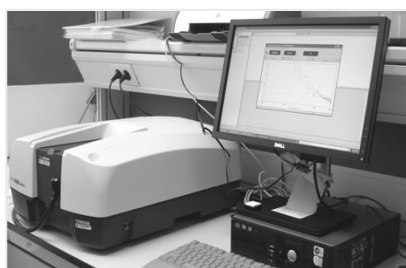


Fig. 2 y 3. Espectrofotómetro UV-VIS Jasco V-670 (Dpto. Química inorgánica y orgánica, Universitat Jaume I) y Fig. 2. Espectrofotómetro/colorímetro Konica Minolta (IVC+R). Foto: M. Pastor.

Dado que las muestras eran transparentes, el calibrado fue realizado con un papel fotográfico ILROND® MATTE 190g/m², que era colocado a su vez como base de las muestras en cada lectura. Cada muestra fue analizada antes y después de ser sometida a envejecimiento acelerado.

Por lo que respecta a la evaluación de los cambios de color producidos en probetas realizadas con pintura pulverulenta vinílica tras la consolidación, se empleó espectrofotómetro Konica Minolta CM-700d y software Spectra Magic NX. Las medidas, llevadas a cabo en los laboratorios del IVC+R, antes y después de la intervención y posteriormente al envejecimiento seleccionado en cada caso. Las condiciones de trabajo fueron: rango espectral 400 nm-700 nm, intervalo de medida de 10 nm, iluminante D65, observador estándar de 10°, geometría óptica mediante sistema de esfera integradora de luz difusa d/8 (iluminación difusa, 8° ángulo detección), diámetro área de medida de 3 mm, componente especular excluido (SCE) y espacio de color CIE $L^*a^*b^*$.

A partir de dichas coordenadas, los cambios ópticos se determinaron a través del índice de amarilleo (YI) y dife-

rencia de color (ΔE), poniendo en relación ambos valores.

El gráfico siguiente corresponde a las coordenadas colorimétricas obtenidas antes del envejecimiento de 3 muestras de 16 polímeros orgánicos diferentes mostrando diversas tonalidades y niveles de transparencia de partida. A la hora de interpretar los resultados, teniendo en cuenta que las mediciones se realizaron aplicando una base blanca, se estableció que un valor de L^* de 100 correspondía a muestras transparentes.

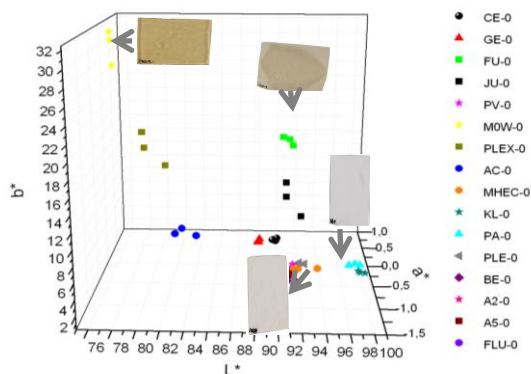


Fig. 4. Gráfico coordenadas L^* a^* b^* de 16 polímeros antes de envejecer. Gráfico: M. Pastor.

Además, se puso en relación el valor de YI y ΔE^* estableciendo una zona hipotética de seguridad en cuanto a la estabilidad a nivel de color de los materiales testados frente a los diversos tipos de envejecimiento seleccionados (A: termohigrométrico y B: termohigrométrico y fotooxidativo), los cuales representaban condiciones ambientales no controladas de interior según normativa (ver ilustración a continuación).

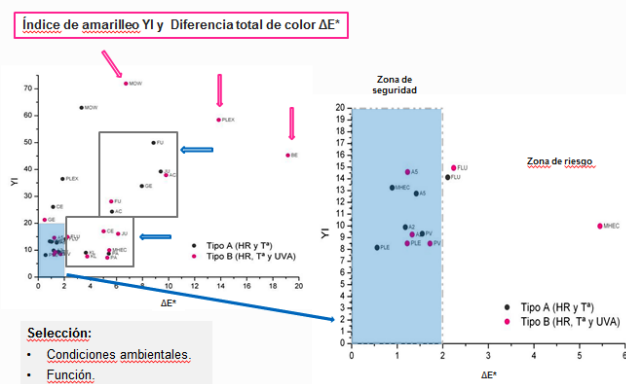


Fig. 5. Gráfico zona de seguridad a partir de la relación entre YI y ΔE^* 16 polímeros antes y después de envejecer. Gráfico: M. Pastor.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de la colorimetría en la evaluación del comportamiento frente al envejecimiento de muchos materiales empleados en conservación restauración y en el estudio de la viabilidad y control de tratamientos técnicamente poco o nada reversibles como es el caso de las consolidaciones de estratos de color es sin duda alguna, de gran interés y utilidad práctica, aportando valores objetivos frente a la subjetividad de las evaluaciones a *visu*.

La información del color y brillo puede ser de gran ayuda en la selección del polímero en su aplicación como consolidante o medio de reintegración, principalmente.

REFERENCIAS

- [1] H. Velson, *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*, London: Butterworth, Heinemann, 1987, p. 39. VV.AA. *Science for Conservators. Adhesives and Coatings. Vol. 3*, New York: Museums & Galleries Commission and Routledge, 2005, p. 93.
- [2] La espectrofotometría mide la cantidad de energía que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación. B. Carlos, M. Ana, "Introducción a la Espectroscopía de Absorción Molecular Ultravioleta, Visible e Infrarrojo Cercano". [En línea]. ©Copyright 2009 Facultad Ingeniería. Universidad Buenos Aires, Argentina. <www.fi.uba.ar>. [Consulta: 24/04/17], p. 1. H. Manfred, M. Herbert, Z. B., *Métodos espectroscópicos en Química Orgánica*, Madrid: Síntesis, 1997, p. 7. LL. Mario, M. Guillermo, T., Ángeles., E. Vicente, B. José, *La síntesis de pigmentos cerámicos con a práctica integral en el laboratorio de Química Inorgánica de l'estat sòlid*. Laboratori Avançat en Química IV. Química Inorgànica. Castellón: UJI, 2009, p. 111.
- [3] Diferencia total (ΔE^*ab): distancia geométrica entre las posiciones de dos colores en el espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$. Aumenta con el índice de amarillo (YI) y disminuye con la luminosidad (L^*). ΔE^*ab de muestras próximas al blanco debe describirse con ΔE^*ab , ΔL^* y Δa^* y Δb^* , en lugar de ΔC^*ab y ΔH^*ab . AENOR. *Pinturas y Barnices. Colorimetría*. UNE 48-073-94/3. Madrid: AENOR, junio 1994, p. 3.
- [4] VV.AA. *L'Attenzione alle superfici pittoriche*. Atti CESMAR7 Milano, 2008. Padova: Il Prato, 2009, p. 181.
- [5] P. Teresa, J. David, "Consolidación y adhesión de pintura vinílica: estudio de la viabilidad y comportamiento frente al envejecimiento de diversos polímeros". *La Ciencia y el Arte VI. Ciencias y tecnologías aplicadas a la conservación de patrimonio*. Jornada 19 al 21 de octubre de 2016, Madrid (en imprenta). P. Teresa, "Gelatina tipo B y cola de esturión: comportamiento frente al envejecimiento acelerado en condiciones no controladas de interior". *Conversa, voces en la conservación*. Año 1 N° 4 - Septiembre 2015, [En línea]. <http://conversaonline.wix.com/conversa#!gelatina-tipo-b/c1m37>, Buenos Aires: Conversa, 2015. P. Teresa, "Estudio del comportamiento frente al envejecimiento acelerado de diversos polímeros". *16ª Jornada conservación arte contemporáneo*. Madrid: MNCARS-GEIIC, 2016, pp. 116-128.

M^a Teresa Pastor Valls alumna del Máster Diagnóstico del Estado de Conservación del Patrimonio Histórico. Es doctora por la UPV en Conservación y Restauración de Patrimonio Pictórico, Título superior en Conservación y Restauración de Bienes Culturales Especialidad Pintura y Licenciada en Humanidades. Trabaja como técnico superior en conservación restauración de arte contemporáneo en el Museu d'Art Contemporani Vicente Aguilera Cerni de Vilafamés y colabora con la Subdirección General del Instituto Valenciano de Conservación y Restauración IVC+R, CulturArts GVA.

