

Evaluación experimental del comportamiento cromático de pigmentos inorgánicos en diversos aglutinantes pictóricos

José Rodríguez Gordillo **01**| María Paz Sáez Pérez **02**| Jorge Alberto Durán Suárez **03**|

Se estudia, mediante medidas de reflectancia difusa, el comportamiento cromático de ocho pigmentos en diversos medios aglutinantes, empleados en las técnicas pictóricas de óleo, temple, barniz, témpera y encáustica, con aplicación en conservación y restauración de obras de arte. Estos medios pictóricos, constituidos en cada caso por pigmento, aglutinante y vehículo o disolvente, han sido seleccionados de forma que abarquen tanto los de tipo clásico, de uso aún en boga en técnicas como óleos, barnices y témperas, así como mezclas actuales, producto de la incorporación de aglutinantes y disolventes obtenidos por síntesis química, de uso en temples y encáusticas sintéticos. Paralelamente con la elección de los pigmentos se ha cubierto una extensa gama de tonalidades (amarilla, verde, azul, roja y ocre). Las experiencias han demostrado la utilidad del método para poder conocer el comportamiento de un determinado pigmento en un medio concreto, previniendo posibles variaciones en su tono, saturación o luminosidad y su interacción con las intervenciones de restauración de obras de arte. Este conocimiento es de interés primordial a la hora de planificar intervenciones de restauración, permitiendo que la reposición de faltas y lagunas en la obra que se interviene se adecue lo más posible al contexto de la misma.

Palabras claves

Aglutinante | Colorimetría | Conservación (patrimonio) | Pigmentos inorgánicos | Pinturas | Técnicas pictóricas | Reflectancia espectral | Restauración del patrimonio |

Experimental evaluation of chromatic behavior of inorganic pigments in various pictorial binders

José Rodríguez Gordillo **01**| María Paz Sáez Pérez **02**| Jorge Alberto Durán Suárez **03**|

By diffuse spectral reflectance, the chromatic behavior of eight pigments was studied in different media used in pictorial techniques of tempering, oil, tempera, varnish and encaustic, with application in conservation and restoration of works of art. These media (comprised in each case of pigment, binder, and vehicle or solvent) were selected so that they would cover both classical media as well as those in use at present such as oil, varnish, tempera, and modern mixtures of binders and solvents made by chemical synthesis using temperas and synthetic encaustics. Also, with the pigments chosen, an extensive range of tonalities was covered (yellows, greens, blues, reds, and ochres). The experiments indicated the behavior or effectiveness of each of these in each medium, preventing possible variations in the hue, saturation or luminosity and its interaction with the interventions of restoration of works of art. This knowledge is important when planning interventions of restoration, allowing the replacement of faults and gaps in the work to intervene fits as much as possible to the same context.

Keywords

Binding medium | Colorimetry | Conservation (heritage) | Inorganic pigments | Paints | Pictorial techniques | Reflectance spectral | Restoration |

URL de la contribución <<http://www.iaph.es/phinvestigacion/index.php/phinvestigacion/article/view/7>>

INTRODUCCIÓN

El color desempeña un papel esencial en el mundo de las bellas artes y, específicamente, en el ámbito de la representación pictórica. El estudio de la evolución y desarrollo de las técnicas pictóricas y de sus manifestaciones más primitivas comporta una búsqueda constante para lograr la mayor eficacia en los materiales y los métodos que pretenden expresar el universo cromático en la mente del artista y el medio ambiente. Partiendo de las técnicas más primitivas, basadas en la mezcla de colorantes minerales con aglutinantes generalmente de origen animal, el enorme desarrollo de la química ha ampliado el campo de los productos disponibles (pigmentos, aglutinantes, solventes, etc.) y así las posibilidades de desarrollo artístico y conservador. El mantenimiento necesario y la preservación de estas obras de arte requieren una serie de avances tecnológicos. En este sentido, las determinaciones y estudios de colorimetría pueden ser clave tanto en el conocimiento de las posibilidades cromáticas de pigmentos y técnicas, como en el campo de la conservación y restauración de obras de arte pictóricas.

En estudios anteriores se han empleado métodos instrumentales para estudiar el color (mediciones de reflectancia espectral difusas) en el campo del patrimonio monumental, tanto en cantera para la catalogación y posterior sustitución de materiales pétreos en obras arquitectónicas, como en el seguimiento de los tratamientos de restauración de materiales de pétreos (DURÁN SUÁREZ; GARCÍA BELTRÁN; RODRÍGUEZ GORDILLO, 1995: 171-180). Estudios posteriores han abordado el comportamiento de los pigmentos en morteros de restauración de material pétreo (DURÁN SUÁREZ; GARCÍA BELTRÁN; SÁEZ PÉREZ et ál., 2000: 286-291; RODRÍGUEZ GORDILLO; SÁEZ PÉREZ; DURÁN SUÁREZ et ál., 2007: 65-70). Otros estudios colorimétricos han estudiado los efectos de tratamientos en la piedra (por ejemplo, alisado y pulido) (UROSEVIC; SEBASTIÁN-PARDO; CARDELL, 2010: 1438-1448) y el comportamiento de los pigmentos en investigación pictórica y restauración (NAVAS; ROMERO-PASTOR; MANZANO et ál., 2008: 141-149). Algunos trabajos ilustran la aplicación de la espectrofotometría en la determinación de pigmentos colorantes en alimentos (LEE; COATES, 2003: 153-156), en pigmentos de obras de arte (MAÎTRE; SCHMITT; CRETTEZ et ál., 1996: 50-53) y en pigmentos y colorantes en general (ESCRIBANO-BAILÓN; ÁLVAREZ-GARCÍA; RIVAS-GONZALO et ál., 2001: 1213-1217).

En el presente trabajo se ha estudiado, mediante mediciones de reflectancia espectral difusa, el comportamiento cromático de una serie de pigmentos inorgánicos, naturales y sintéticos, en diversos medios aglutinantes utilizados en las técnicas pictóricas más comunes, tal como encáustica, óleo, témpera, *gouache* y acuarela. Los medios pic-

tóricos elegidos se componen de aglutinantes y disolventes propios de técnicas clásicas (aceite de linaza, aceite de adormidera, barniz de almáciga, etc.), así como nuevos productos de síntesis (resinas y emulsiones vinílicas, etc.), lo que permitirá una aproximación o visión comparativa entre “viejas y nuevas” técnicas. Además, los pigmentos seleccionados, aparte de que abarcan una amplia gama cromática, presentan propiedades óptimas para ser mezclados con aglutinantes grasos o magros; son resistentes a los disolventes y álcalis y muy adecuados para aplicaciones en pintura mural, tanto interior como exterior.

Los valores de diferencias de color (color total, ΔE , luminosidad, ΔL , tono, ΔH , y saturación, ΔC) entre el pigmento puro y en cada uno de los medios estudiados nos indicará en cuál de ellos existe un comportamiento con mayor efectividad y estabilidad, debido a sus especificidades cromáticas (mayor o menor grado de luminosidad y saturación, posible variación de tono, etc.). Sin embargo, sobre todo se aportará una valoración cuantitativa de la incidencia del medio aglutinante y la técnica respecto al resultado visual final. En otras palabras, surgen diversos interrogantes tales como qué resultados pictóricos y visuales obtendremos si empleamos la técnica del óleo frente a la técnica del temple; cuáles serán los mejores resultados cromáticos de los pigmentos inorgánicos, en términos de luminosidad y saturación, en función de una u otra técnica pictórica o si las intervenciones de restauración en pinturas u otras obras de arte serán adecuadas, tanto si usamos témpera como si se usa acuarela; cuál será el efecto de las carnaciones en un retrato al usar un aglutinante u otro. Muchas de estas respuestas podrán ser contestadas mediante el análisis colorimétrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ocho han sido los pigmentos inorgánicos estudiados, con los que se ha pretendido cubrir una amplia gama de colores (amarillos, verdes, azules, rojos y ocre). Con la elección de estos colores se ha intentado recoger la mayor parte de tonos que participan en la paleta de un pintor, policromador o restaurador de obras de arte. En la tabla 1 se recogen estos pigmentos, con su código de color (AATCC, 2002a) y composición química.

Respecto a los diferentes medios aglutinantes, doce fueron los seleccionados; unos de uso clásico y otros de introducción más reciente, propios de las técnicas pictóricas más extendidas y actuales, así como las principales técnicas de restauración de color en obras de arte (óleo, barniz, encáustica, temple y acuarela o témpera). En la tabla 2 se recogen estos medios, su composición química y las técnicas más frecuentes en las que son usados.

En cada caso, las preparaciones han respondido a las siguientes proporciones: 1 g de pigmento, 1 ml de disolvente y 1 ml de aglutinante.

Un problema que hubo que resolver fue la búsqueda del soporte adecuado sobre el cual extender las mezclas en forma de capa pictórica, proporcionando una absorción adecuada de los productos, secado en un tiempo razonable, y una superficie rígida y estable desprovista de componentes especulares, indeseables para su medida en el espectrofotómetro. Ensayos previos con diferentes soportes han puesto de manifiesto que el simple vertido de las mezclas en capsulitas de vidrio o metálicas, así como la extensión de las mismas en porta muestras de vidrio y posterior secado, necesitaba un tiempo excesivo para que el proceso fuese adecuado. Se observaron con estos procedimientos que se producían reflejos y superficies con un elevado componente especular en algunas zonas, así como rugosidad y relieve en otras. Finalmente se optó por aplicar las preparaciones sobre soportes-plaquitas de escayola, de gran blancura, alta pureza y calidad. Las diferentes mezclas, previamente preparadas fueron extendidas en los soportes de escayola mediante pincel plano (número 5) de pelo natural de marta cibelina, efectuándose un total de cuatro aplicaciones. Para evitar posibles decoloraciones, irregularidades y otros defectos en el resultado final, las aplicaciones se hicieron en sentido cruzado, cuando la capa inferior se encontraba mordiente.

Los valores cromáticos de los pigmentos puros se obtuvieron a partir de pastillas compactadas del material en polvo, sin aglutinante alguno, en cápsulas de aluminio. Todas las muestras de los pigmentos puros presentaban superficies regulares, compactas y lisas (DURÁN SUÁREZ; GARCÍA BELTRÁN; SÁEZ PÉREZ et ál., 2000: 286-291).

Una vez preparadas las muestras, se procedió a medir su curva de reflectancia espectral difusa en el intervalo visible (375-750 nm) mediante un espectrofotómetro Ultra Scan de HunterLab del Departamento de Óptica de la Universidad de Granada. La medición se llevó a cabo tomando datos cada 5 nm, dentro del intervalo visible

Tabla 1 |

Listado de los pigmentos utilizados en este estudio, con indicación del código de color (referencia internacional de fabricantes de pigmentos y colores, según American Association of Textile Chemists and Colorists y Society of dyers and colourists. AATCC, 2002a) y su composición química

Pigmento	Nombre	Código de color	Tipo de compuesto
1	Tierra verde	PG23	Silicoaluminato, de Fe(II), Mg y K
2	Amarillo de cromo	PY34	Cromato de plomo
3	Naranja de molibdeno	PR104	Cromato de plomo, sulfato y molibdato
4	Ocre	PY43	Hidróxido de hierro
5	Verde de cromo	PG15	Óxido de cromo
6	Siena natural	PBr7	Óxido de hierro, natural calcinado
7	Amarillo de zinc	PY36	Cromato de zinc
8	Azul ultramarino	PB29	Polisulfuro de sodio-aluminosilicato

Iniciales	Aglutinante (composición)	Disolvente	Técnica de aplicación
AD	Aceite de adormidera (ácidos oléico, linoléico y palmítico)	Trementina y <i>white spirit</i> ¹	Pintura al óleo
LC	Aceite de linaza crudo (ácido linoléico)	Trementina y <i>white spirit</i>	Pintura al óleo
LP	Aceite de linaza polimerizado (ácido linoléico)	Trementina y <i>white spirit</i>	Pintura al óleo
D	Resina Dammar (resina triterpénica)	Trementina y <i>white spirit</i>	Barniz
LTV	Aceite de linaza y trementina de Venecia (ácido linoléico+hidrocarburos terpénicos)	Trementina y <i>white spirit</i>	Barniz
ALM	Barniz de Almaciga y trementina de Venecia (hidrocarburos terpénicos y masticoresina)	Trementina y <i>white spirit</i>	Barniz
MWD	Emulsión vinílica Mowilith DMC-2F (copolímero de acetato de vinil etileno)	Agua destilada	Temple vinílico al agua
MWR	Resina vinílica Mowilith 35/73 (F) (copolímero de acetato de vinilo y maleato de dibutilo)	Trementina y disolvente nitro celulósico ²	Temple vinílico al disolvente
PAV	Alcohol polivinílico Rhodorsil (Moviol) 4/125 (alcohol de polivinilo)	Agua destilada	Temple sintético al agua
ARA	Goma arábiga (polisacáridos variables y ácidos glucurónicos)	Agua destilada	Guache y acuarela
EN	Cera blanca (ácido esteárico)	Trementina y <i>white spirit</i>	Encáustica
ENR	Cera blanca y resina Dammar (Ácido esteárico+resina triterpénica)	Trementina y <i>white spirit</i>	Encáustica

Tabla 2 |

Listado de aglutinantes clásicos y actuales, con indicación, en su caso de marca comercial, disolvente, composición química y técnica pictórica aplicada más habitual (DOERNER, 1984; HORIE, 2010; MAYER, 1988)

¹ composición *white spirit* (hidrocarburos terpénicos+hidrocarburos alifáticos, alicíclicos y aromáticos)

² composición disolvente nitro celulósico (hidrocarburos terpénicos+hidrocarburos aromáticos y disolventes cetónicos)

Tabla 3 |

Listado de los pigmentos puros ensayados con sus coordenadas de color CIE 1931 y CIELAB 1976

Tabla 4 |

Listado de los valores de diferencias de color total (ΔE), luminosidad (ΔL), saturación (ΔC) y tono (ΔH) entre pigmentos puros y con aglutinantes. En negrita se señalan diferencias ΔE superiores a 3

mencionado, sobre un área de la muestra de aproximadamente 2,5 cm de diámetro y manteniendo una geometría de iluminación/observación tipo difusa a 8°. Se excluyeron en todas las mediciones el componente especular de la reflexión, según recomienda en estos casos la CIE (JUDD; WYSZECKI, 1975). A partir de dichos valores de reflectancia, se calcularon (RIBERA ROGET; RODRÍGUEZ GORDILLO; SÁEZ PÉREZ, 2009) las coordenadas de cromaticidad CIE-1931 bajo iluminante D65, así como los valores de diferencias de color total (ΔE), luminosidad (ΔL), saturación (ΔC) y tono (ΔH) según las fórmulas CMC (2:1) (AATCC, 2002b) entre la mezcla realizada y el pigmento puro en cada uno de los medios pictóricos ensayados.

Se realizaron 5 determinaciones por muestra. La desviación estándar de los valores de cada tanda, obtenida mediante la corrección de Bessel, no llegó a superar en ningún caso el 3% del valor medio correspondiente (FERNÁNDEZ-ABASCAL; GUIJARRO; ROJO et ál., 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las coordenadas de color (CIE 1931 y CIELAB 1976) de cada uno de los pigmentos puros evidencian que los colores amarillos (amarillo de cromo y de zinc) presentan altos grados de saturación y luminosidad; los colores tierra verde, siena natural y ocre tienen poca saturación y luminosidad media. El color azul ultramarino es un pigmento altamente saturado y oscuro, el naranja de molibdeno tiene saturación y luminosidad de tipo medio, mientras que el color verde de cromo es poco saturado y de luminosidad baja (tabla 3).

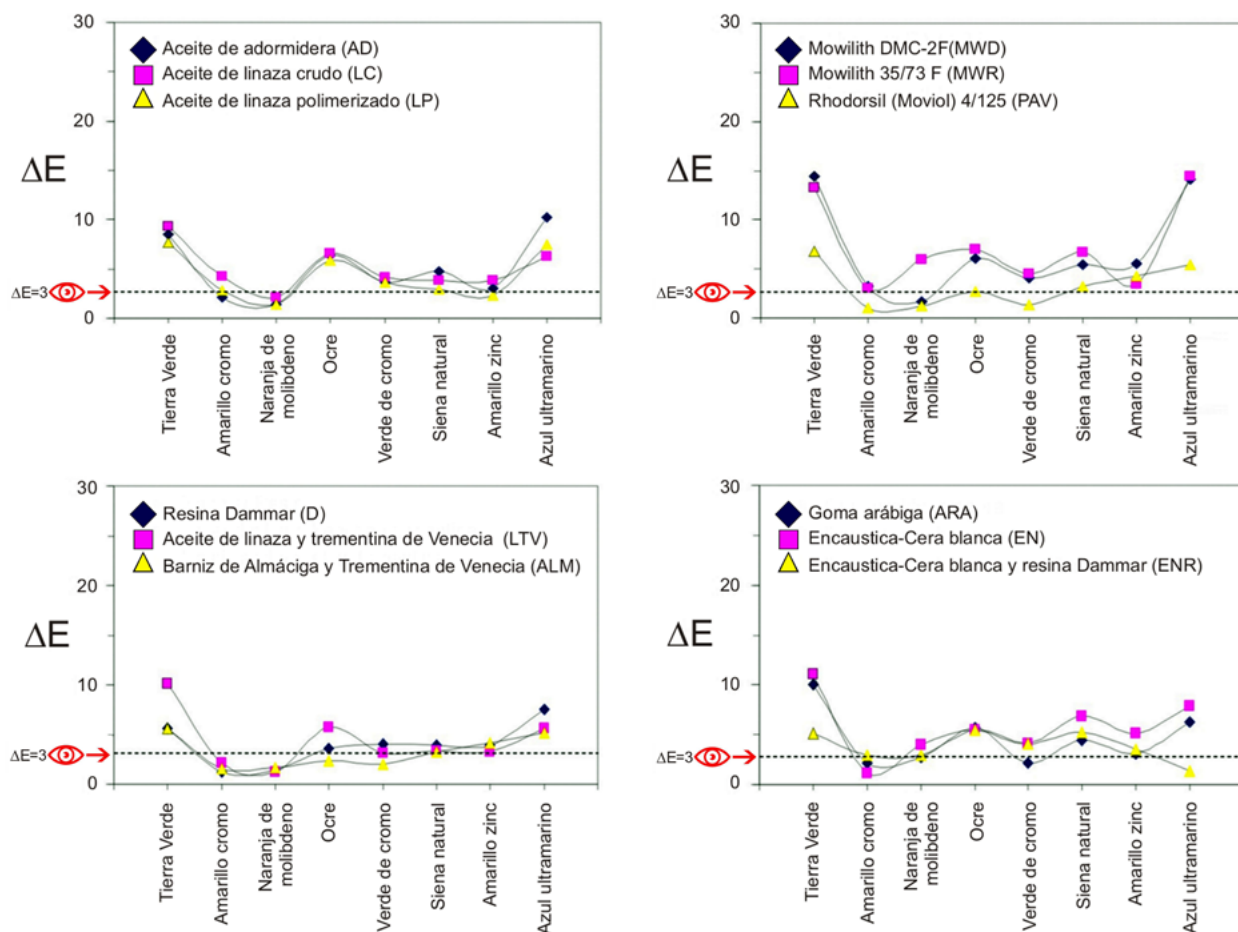
Se presentan los datos colorimétricos con las diferentes técnicas pictóricas utilizadas; interacción de pigmentos puros, aglutinantes, disolventes y soporte empleados (tabla 4, imagen 1 e imagen 2).

Pigm.	Cod. color	Nombre	x	y	Y	a*	b*	L*
1	PG23	Tierra verde	0,3265	0,355	32,50	-3,75	8,59	63,75
2	PY34	Amarillo de cromo	0,4577	0,4828	76,29	-0,40	94,35	89,99
3	PR104	Naranja de molibdeno	0,5510	0,3515	19,55	52,66	42,49	51,32
4	PY43	Ocre	0,4264	0,4118	25,21	9,14	36,39	57,28
5	PG15	Verde de cromo	0,3155	0,4179	15,71	-19,94	17,61	46,59
6	PBr7	Siena natural	0,4196	0,4016	23,04	9,82	31,60	55,11
7	PY36	Amarillo de zinc	0,4195	0,4727	70,36	-10,06	72,24	87,17
8	PB29	Azul ultramarino	0,1796	0,1238	7,78	32,31	-62,23	33,52

Técnicas aglutinantes (siglas)	Dif.	Pigmentos (número y código de color)							
		1 (PG23)	2 (PY34)	3 (PR104)	4 (PY43)	5 (PG15)	6 (PBr7)	7 (PY36)	8 (PB29)
Óleo (AD)	ΔE	8,55	2,12	1,37	6,34	3,66	4,75	3,02	10,19
	ΔL	-4,54	-1,40	-1,34	-5,26	-3,16	-3,98	-2,98	-8,21
	ΔC	6,30	0,59	-0,18	-2,28	-1,66	1,14	-0,27	-5,10
	ΔH	-3,65	-1,47	-0,20	-2,71	0,77	-2,34	-0,36	3,22
Óleo (LC)	ΔE	9,29	4,24	2,08	6,63	4,17	3,88	3,89	6,28
	ΔL	-3,86	-2,34	-1,51	-5,35	-3,40	-3,12	-3,53	-5,46
	ΔC	7,45	-0,42	-0,82	-2,60	-2,25	0,82	-1,40	-2,64
	ΔH	-3,98	-3,51	-1,17	-2,93	0,88	-2,17	-0,87	1,64
Óleo (LP)	ΔE	7,74	2,86	1,38	5,85	3,69	2,91	2,34	7,47
	ΔL	-4,48	-1,59	-1,36	4,52	-2,78	-2,24	-1,83	-6,36
	ΔC	5,48	0,85	-0,19	-2,95	-2,12	1,11	1,03	-3,04
	ΔH	-3,15	-2,22	0,14	-2,25	1,17	-1,49	-1,02	2,48
Temple (MWR)	ΔE	14,45	3,22	1,69	6,04	4,09	5,42	5,55	14,15
	ΔL	-5,26	-1,51	-1,66	-5,05	-3,54	-4,40	0,31	-9,50
	ΔC	-0,11	1,67	0,24	-1,99	-1,88	0,09	5,13	-10,04
	ΔH	-13,45	-2,30	0,25	-2,66	0,80	-3,16	-2,08	3,01
Temple (MWD)	ΔE	13,23	3,06	5,99	7,04	4,49	6,65	3,40	14,42
	ΔL	-12,20	-1,24	-3,66	-5,60	-3,98	-6,01	-0,89	-7,07
	ΔC	4,33	2,73	4,37	-3,03	2,05	-1,12	2,88	-12,57
	ΔH	-2,74	-0,56	1,85	-3,02	-0,39	-2,61	-1,58	0,14
Temple (PAV)	ΔE	6,82	1,08	1,22	2,76	1,36	3,19	4,28	5,47
	ΔL	-4,57	-0,52	-0,62	-1,97	-1,28	-1,35	1,38	-3,30
	ΔC	4,93	0,93	0,68	0,62	-0,31	2,45	4,04	3,14
	ΔH	-1,18	0,16	0,81	-1,83	0,31	-1,54	-0,23	3,02
Barniz (D)	ΔE	5,59	1,28	1,42	3,65	4,09	3,89	3,96	7,56
	ΔL	-2,18	-0,73	-1,19	-2,78	-3,17	-3,10	-2,75	-6,32
	ΔC	4,60	0,99	-0,37	-0,93	-2,35	0,33	0,83	-2,48
	ΔH	-2,31	-0,33	-0,68	-2,18	1,10	-2,32	-2,72	3,35
Barniz (LTV)	ΔE	10,14	2,19	1,27	5,68	3,14	3,39	3,31	5,57
	ΔL	-4,88	-1,74	-1,06	-4,54	-2,88	-2,96	-0,21	-4,23
	ΔC	7,73	0,17	0,54	-2,36	-1,06	-0,24	3,30	1,79
	ΔH	-4,40	-1,32	0,45	-2,45	0,66	-1,64	0,06	3,15
Barniz (ALM)	ΔE	5,63	1,60	1,74	2,39	1,97	3,30	4,20	5,16
	ΔL	-1,40	-0,29	-0,57	-1,78	-1,96	-2,59	0,16	-3,45
	ΔC	4,99	1,41	1,41	0,92	0,20	1,17	4,17	2,63
	ΔH	-2,19	0,70	0,85	-1,31	-0,03	-1,68	-0,47	2,80
Gouache, acuarela (ARA)	ΔE	10,03	2,15	2,79	5,72	2,19	4,45	3,11	6,33
	ΔL	-5,49	-1,60	-2,72	-4,64	-1,78	-3,85	-0,36	-5,26
	ΔC	7,50	0,96	-0,66	-2,08	-1,07	-0,14	2,92	0,82
	ΔH	-3,76	-1,07	-0,01	-2,64	0,70	-2,23	-1,02	3,43
Encáustica (EN)	ΔE	11,11	1,12	3,97	5,47	4,08	6,87	5,11	7,87
	ΔL	-8,05	-0,44	-2,08	-4,59	-3,47	-5,59	-0,86	-6,16
	ΔC	6,81	1,01	-0,81	-1,27	-2,06	-0,34	4,33	0,80
	ΔH	-3,51	0,21	-3,28	-2,69	0,59	-3,98	-2,58	4,84
Encáustica (ENR)	ΔE	5,16	2,93	2,95	5,43	4,14	5,22	3,48	1,38
	ΔL	1,29	-1,43	-1,98	-4,53	-1,27	-2,92	-1,07	1,16
	ΔC	4,46	0,62	-0,07	-0,43	-3,86	3,84	3,13	-0,67
	ΔH	-2,27	-2,49	-2,19	-2,96	0,82	-1,98	-1,08	0,33

A partir de los datos expuestos, y considerando que las percepciones visuales (al ojo humano) de variaciones de color tienen lugar a partir de $\Delta E \geq 3$ (AATCC, 2002b), se comentan los hechos más relevantes para cada pigmento y la interacción con los medios aglutinantes (imágenes 1 y 2). De esta forma podemos destacar que:

1. El pigmento denominado tierra verde (PG23) se ve afectado en todos los medios aglutinantes, con variaciones relativas a pérdidas de luminosidad (oscurecimiento), más pronunciadas con la dispersión vinílica Mowilith DMC-2F (MWD) y con encáustica (EN) a base de cera blanca en esencia de trementina, y aumentos moderados de la saturación. En general el tono se hace más amarillento, más apreciable y acusado con la disolución (MWR) de resina vinílica Mowilith 35/73 (F).
2. El pigmento amarillo de cromo (PY34) se comporta bastante bien en los diferentes medios, excepto con aceite de linaza crudo (LC), experimentando leves pérdidas en saturación y luminosidad, así como mínimas variaciones tonales, hacia matices algo más anaranjados.
3. El naranja de molibdeno (PR104) se oscurece, perdiendo luminosidad, y aumenta su saturación con la dispersión vinílica Mowilith DMC-2F (MWD), experimentando un viraje a tonos más rojizos con encáustica (EN) a base de cera blanca en esencia de trementina.
4. El pigmento ocre (PY43), exceptuando los aglutinantes de alcohol polivinílico, Rhodorsil-Moviol 4/125 (PAV) y mezcla de barniz de Almaciga y trementina de Venecia (ALM), experimenta variaciones de tipo medio, concretadas en pérdidas de luminosidades. El resto de parámetros (saturación y tono) no sufre variaciones apreciables.
5. El pigmento verde de cromo (PG15) se comporta, generalmente, bien en los diferentes medios aglutinantes, con disminuciones medias-bajas en cuanto a luminosidad, aglutinado con aceite de Linaza crudo (LC), con la disolución (MWR) de resina vinílica Mowilith 35/73 (F), con la dispersión vinílica Mowilith DMC-2F (MWD), y con encáustica (EN), a base de cera blanca, así como cierta pérdida de saturación (decoloración) al aplicarse con cera blanca y resina Dammar (ENR).
6. El pigmento denominado siena natural (PBr7) muestra una ligera disminución en su luminosidad (se oscurece) al aglutinarse con aceite de adormidera (AD) en forma de pintura al óleo, aplicado como temple con la disolución (MWR) de resina vinílica Mowilith 35/73 (F) y con la dispersión vinílica Mowilith DMC-2F (MWD), con goma arábiga (ARA), aplicado como acuarela o guache, y con técnica de encáustica, tanto con cera blanca (EN), como enriquecida con resina Dammar (ENR).



Conviene destacar, no obstante, que con encáustica a base de cera blanca y resina Dammar (ENR) la saturación aumenta (mayor sensación de color) y se produce cierta variación tonal con cera blanca (EN), con tendencia hacia tonos más anaranjados.

7. El pigmento amarillo de zinc (PY36) experimenta leves variaciones al aplicarse como óleo con aceite de linaza crudo (LC), en forma de temple con alcohol polivinílico, Rhodorsil-Moviol 4/125 (PAV), y en forma de barniz coloreado con resina Dammar (D) y mezcla de barniz de Almáciga y trementina de Venecia (ALM). Las variaciones de color son de tipo medio-alto con la disolución (MWR) de resina vinílica Mowilith 35/73 (F) y en forma de encáustica con cera blanca (EN). Son significativos los leves incrementos de saturación al aplicar temple con la disolución (MWR) de resina vinílica Mowilith 35/73 (F) y alcohol polivinílico, Rhodorsil-Moviol 4/125 (PAV), con óleo a base de aceite de linaza y trementina de Venecia (LTV), y con encáustica (EN). Con técnica de óleo, a base de aceite de linaza crudo (LC) la luminosidad disminuye, al igual que se producen variaciones tonales, hacia

Imagen 1 |

Representación de las diferencias de color ΔE de cada uno de los pigmentos estudiados en función de los diferentes medios aglutinantes empleados. La línea discontinua de cada gráfico marca el límite de detección de variabilidad del color en el ojo humano ≥ 3

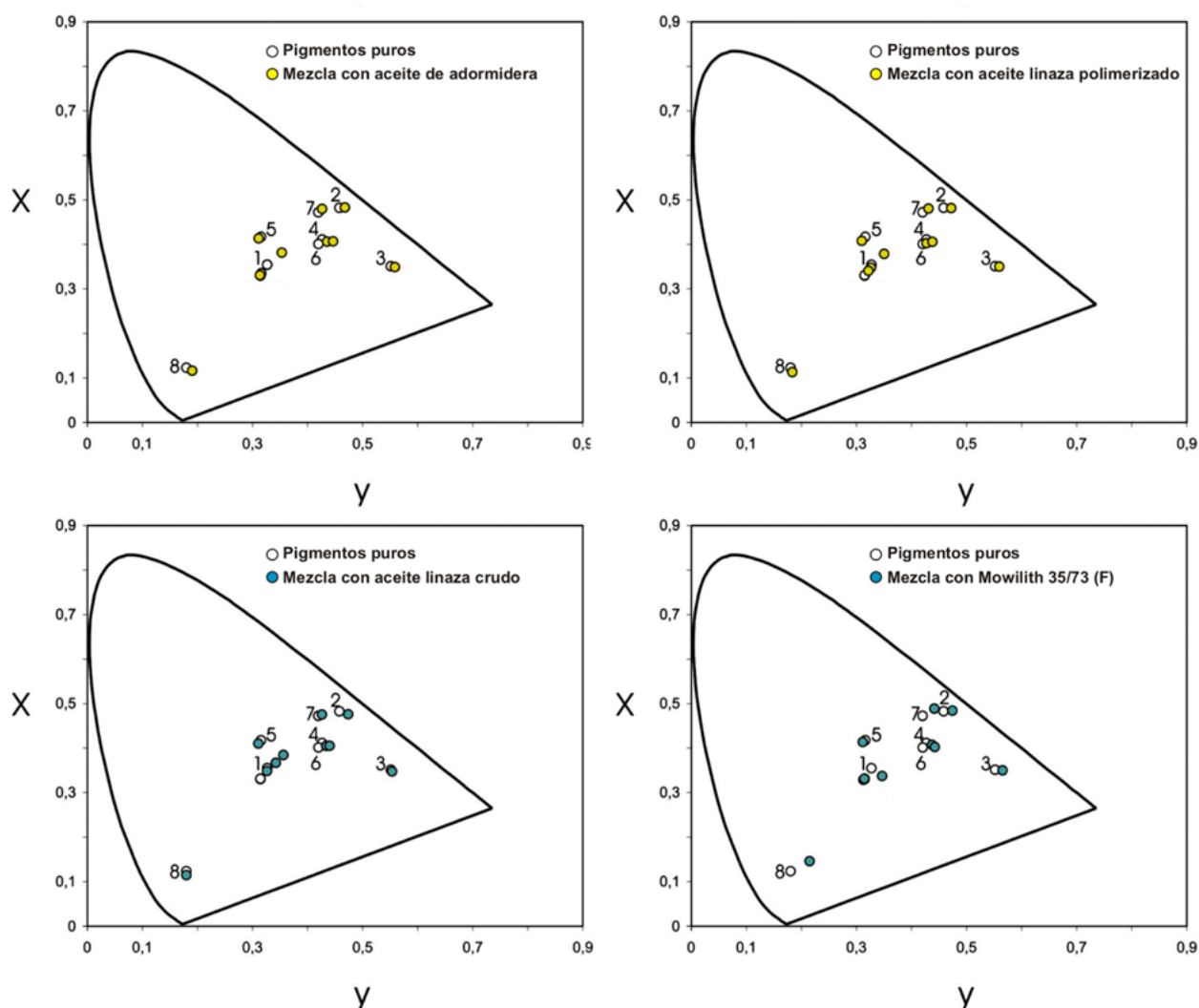


Imagen 2 |

Representación en el sistema CIE-1931 (diagrama x-y) de los pigmentos puros y sus mezclas en aceite de adormidera, aceite de linaza crudo, aceite de linaza polimerizado y Mowilith 35/73 (1. tierra verde, 2. amarillo de cromo, 3. naranja de molibdeno, 4. ocre, 5. verde de cromo, 6. siena natural, 7. amarillo de zinc, 8. azul ultramarino)

el anaranjado, siendo más perceptible al ojo humano con encáustica (EN).

8. El pigmento azul de ultramar (PB29) experimenta disminuciones perceptibles respecto a luminosidad y saturación (oscurecimiento y sensación de pérdida de color) con los temple a base de dispersión vinílica Mowilith DMC-2F (MWD) y con la disolución (MWR) de resina vinílica Mowilith 35/73 (F). Con el resto de las técnicas y aglutinantes las disminuciones son menos acusadas. Por otra parte, este pigmento vira hacia tonos violeta con la mayoría de los aglutinantes, constatándose variaciones perceptibles con la técnica de encáustica a base de cera blanca (EN).

CONCLUSIONES

No es posible una ausencia total de variación de color en los pigmentos cuando son empleados con una u otra técnica pictórica y/o restauradora. Respecto a su color inicial, cualquier aglutinante, adhesivo o ligante modificará cromáticamente los pigmentos, aunque sea a niveles no detectables por el ojo humano. A partir de este enunciado lo más óptimo para determinados pigmentos, en términos de variación de color, sería que estos cambios fueron ínfimos o inapreciables al ojo humano.

En este estudio¹, las variaciones de color dependen del medio y del pigmento empleados, siendo su impacto variable según los distintos parámetros (luminosidad, saturación y tono). La luminosidad (oscurecimiento) es el parámetro más afectado, encontrándose la saturación en segundo lugar. La variación de tono ha sido la menos afectada.

En términos generales, los distintos medios aglutinantes, en mayor o menor medida restan luminosidad al pigmento puro, mientras que el efecto sobre la saturación (intensidad de color) es más diverso. Así, y dependiendo del medio aglutinante se observan aumentos de saturación más o menos acusados como son los casos de los pigmentos tierra verde (PG23), naranja de molibdeno (PR104), Mowilith DMC-2F (MWD), amarillo de zinc (PY36). Por su parte, los pigmentos verde de cromo (PG15) y azul de ultramar (PB29) se subsaturan en proporción diversa según el medio (tabla 4 e imágenes 1 y 2).

Por lo que se refiere al tono o longitud de onda dominante (ΔH), son bastante estables en los medios ensayados, de manera que, salvo en el caso del pigmento tierra verde (PG23) y esporádicamente el amarillo de cromo (PY34), sienna natural (PBr7) y azul ultramarino (PB29), las diferencias difícilmente superan de manera apreciable valores superiores a 3 (valor límite de detección en el ojo humano) (tabla 4 e imágenes 1 y 2).

Respecto a los medios aglutinantes y sus aplicaciones de índole restauradora o artística, en términos relativos podríamos considerar a la dispersión vinílica Mowilith DMC-2F (MWD), resina vinílica (MWR) Mowilith 35/73 (F) y cera blanca (EN) como los que ejercen un impacto más fuerte sobre las características del color en los pigmentos, mientras que aceite de adormidera (AD), linaza crudo (LC), linaza polimerizado (LP), goma arábiga (ARA), cera blanca y resina Dammar (ENR), alcohol polivinílico, Rhodorsil-Movirol 4/125 (PAV), resina Dammar (D) y mezcla de aceite de linaza crudo y trementina de Venecia (LTV) tienen una influencia media-baja. El aglutinante a base de mezcla de barniz de Almáciga y trementina de Venecia (ALM) ejerció, especialmente, el efecto más leve. En general sobre la intensidad de las

1

Los resultados presentados en este trabajo son parte del Proyecto de Investigación MAT 2002-03227 del Plan Nacional de Investigación Científica (Ministerio de Ciencia y Tecnología), junto a la ayuda de los Grupos de Investigación RNM 0179 y HUM 629 de la Junta de Andalucía.

técnicas en los distintos medios, no puede establecerse ninguna relación clara; quizás, con reservas, podría notarse que los aglutinantes asociados a técnicas de barnizado (con o sin pigmento) a base de resina Dammar (D), mezcla de aceite de linaza crudo y trementina de Venecia (LTV) y mezcla de barniz de Almaciga y trementina de Venecia (ALM) están entre aquellos que afectan en menor proporción las características cromáticas de los diferentes pigmentos.

Respecto a los pigmentos, de forma global, destaca la estabilidad cromática del amarillo de cromo (PY34), del naranja de molibdeno (PR104) y del verde de cromo (PG15) en la mayor parte de los medios. La estabilidad cromática del amarillo de cromo, respecto a la del amarillo de zinc podría deberse a la mayor insolubilidad del primero en relación con el segundo, análogamente la alta insolubilidad de óxido de cromo en condiciones ambientales justificaría la aceptable estabilidad cromática del pigmento verde de cromo (PALET, 2002; BUXBAUM; PFAFFA, 2005). Contrariamente las mayores variaciones las experimentan los pigmentos tierra verde (PG23) y azul ultramarino (PB29).

Por último se debe destacar la utilidad del método para conocer la actuación de un determinado pigmento en un medio aglutinante concreto, su aplicación artística o restauradora, previniendo posibles variaciones en su tono, saturación o luminosidad. Este hecho es fundamental tanto en los procesos creativos y artísticos, como en los de conservación y restauración sobre soportes con acabados polícromos, los cuales deben adecuarse a las características del color original manteniendo una estabilidad cromática durante el mayor tiempo posible.

BIBLIOGRAFÍA

- AATCC (2002a)**
Colour Index International. Bradford: American Association of Textile Chemist and Colorist and Society of Dyers and Colourists, 2002 <<http://www.colour-index.com/>> [consulta: 1/10/2013]
- AATCC (2002b)**
Test Method 173 CMC. Calculation of small differences for acceptability. En AATCC. *Technical manual of the American Association of Textile Chemist and Colorist*. Research Triangle Park, NC: American Association of Textile Chemist and Colorist, 2002, pp. 311-313
- BUXBAUM, G; PFAFFA, G. (2005)**
Industrial Inorganic Pigments. New York: Wiley, 2005
- DOERNER, M. H. (1984)**
The materials of the artist and their use in painting. Translated by Eugen Neuhaus. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich, 1984
- DURÁN SUÁREZ, J; GARCÍA BELTRÁN, A; RODRÍGUEZ GORDILLO, J. (1995)**
Colorimetric cataloguing of stone materials (bio alcaenite) and evaluation of the chromatic effects of different restoring agents. *The Science of the Total Environment*, n.º 167, 1995, pp. 171-180
- DURÁN SUÁREZ, J; GARCÍA BELTRÁN, A; SÁEZ PÉREZ, M. et ál. (2000)**
Evaluation of the Chromatic Effectiveness of color Pigments in Restoration Materials (Lime and Portland Cement). *Color Research and Application*, n.º 25-4, 2000, pp. 286-291
- ESCRIBANO-BAILÓN, T; ÁLVAREZ-GARCÍA, M; RIVAS-GONZALO, J. C et ál. (2001)**
Color and Stability of Pigments Derived from the Acetaldehyde-Mediated Condensation between Malvidin 3-O-Glucoside and (+)-Catechin. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, n.º 49 (3), pp. 1213-1217
- FERNÁNDEZ-ABASCAL, H; GUIJARRO, M; ROJO, J. L et ál. (1994)**
Cálculo de Probabilidades y Estadística. Barcelona: Ariel, 1994
- HORIE, V. (2010)**
Materials for conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings. 2.ª ed. Amsterdam; Boston: Butterworth-Heinemann, 2010
- LEE, H.S.; COATES, G. A. (2003)**
Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *LWT-Food Science and Technology*, n.º 36-1, pp. 153-156
- JUDD, D. B; WYSZECKI, G. (1975)**
Color in business, science and industry. New Cork: Wiley, 1975
- MAÎTRE, H; SCHMITT, F; CRETTEZ, J. P. et ál. (1996)**
Spectrophotometric color analysis of fine art paintings. *Proceedings of the Fourth Color Imaging conference*, 1996, pp. 50-53
- MAYER, R. (1988)**
Materiales y técnicas del arte. Madrid: Hermann Blume, 1988
- NAVAS, N; ROMERO-PASTOR, J; MANZANO, E. et ál. (2008)**
Benefits of applying combined diffuse reflectance FTIR spectroscopy and principal component analysis for the study of blue tempera historical painting. *Analytica Chimica Acta*, n.º 630-2, 2008, pp. 141-149
- PALET, A. (2002)**
Tratado de pintura. Color, pigmentos y ensayo. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona, 2002
- RIBERA ROGET, A; RODRÍGUEZ GORDILLO, J; SÁEZ PÉREZ, M. P. (2009)**
Programa de cálculo de parámetros de color (Calculated program of color parameters) (CPC), 2009 [software]
- RODRÍGUEZ GORDILLO, J; SÁEZ PÉREZ, M. P; DURÁN SUÁREZ, J et ál. (2007)**
Chromatic behaviour of inorganic pigments in restoration mortars (non-hydraulic lime, hydraulic lime, gypsum and white portland cement). A comparative study. *Color Research and Application*, n.º 32-1, 2007, pp. 65-70
- UROSEVIC, M; SEBASTIÁN-PARDO, E; CARDELL, C. (2010)**
The effect of surface finishing on weathering of travertine building stone during marine aerosol ageing test. *Construction and Building Materials*, n.º 24-8, 2010, pp. 1438-1448