

CINABRIO Y BERMELLÓN. HISTORIA DE SU EMPLEO Y PREPARACIÓN

M^a Isabel Báez Aglio* y Margarita San Andrés Moya**

Cinabrio y bermellón son las denominaciones con las que se conoce un mismo pigmento rojo, que puede tener un origen natural o bien prepararse artificialmente. El cinabrio es un mineral que se encuentra en la naturaleza, por lo que este término se reserva para designar el pigmento natural. La denominación bermellón se aplica, generalmente, para designar el pigmento artificial, que puede obtenerse por diferentes métodos y partiendo, indirectamente, de la forma nativa.

Se realiza un estudio del sulfuro de mercurio, tanto en su variedad natural (cinabrio), como en la artificial (bermellón), con relación a su empleo como pigmento artístico. Se revisa su origen, nomenclatura, permanencia y, especialmente, se lleva a cabo un seguimiento de su uso y fabricación a lo largo de la Historia, con el apoyo tanto de documentación actual como, muy expresamente, de fuentes documentales antiguas.

Palabras clave: cinabrio, bermellón, pigmentos, tratados.

CINNABAR AND VERMILION. THE HISTORY OF THEIR USE AND PREPARATION

Cinnabar and vermilion are names used to designate the same red pigment. This pigment may be of natural origin or artificially prepared. Cinnabar is a natural mineral and this term is therefore used to designate the natural pigment. Vermilion is the usual term for the artificial pigment, which can be obtained by different methods and is indirectly based on the natural form of the pigment.

This article examines mercury sulphate, both in its natural (cinnabar) and artificial (vermilion) varieties, and in relation to its use as an artistic pigment. It looks at its origins, nomenclature and permanence, and in particular describes its use and preparation throughout history, based on contemporary documentation and, very specifically, on ancient documentary sources.

Key words: cinnabar, vermilion, pigments, treaties.

Composición y origen

Cinabrio y bermellón son sulfuros de mercurio (HgS). De acuerdo a la fórmula química, su composición elemental (% en peso) es del 13,8% de S y 86,2% de Hg, que corresponde a un átomo de cada elemento [1]. El cinabrio es un mineral rojo y constituye la principal mena del mercurio; aparece como impregnaciones y filones de relleno, cerca de rocas volcánicas y fuentes termales de 80°C, depositado cerca de la superficie.

Se localiza en numerosas partes del mundo, si bien solamente en unos pocos lugares se encuentra en cantidad apreciable. El principal yacimiento mundial se sitúa en Almadén (Ciudad Real), en donde continúa su extracción, aún hoy día, desde tiempos clásicos romanos [2]; también se localiza en Asturias, Navarra, Aragón, Valencia y Extremadura [4]. Además, existen yacimientos menos importantes que los de Almadén, en Idria (Eslovenia), Huancavelichow (Perú), Monte Amiata (Italia), Moschellandsberg (Alemania), así como en la anti-

Recibido: 22/05/2003
Aceptado: 03/06/2003

* Doctora en Bellas Artes.
** Doctora en Ciencias Químicas

Dpto. de Pintura-Restauración.
Facultad de Bellas Artes.
Universidad Complutense de Madrid

gua Checoslovaquia y Rusia [5]. En Estados Unidos los yacimientos más importantes se encuentran en New Idria (California), Napa Country (San Benito) y Santa Clara Country (Nuevo Almadén), también existen yacimientos menores en Nevada, Utah, Oregón, Arkansas, Idaho y Texas [1]. Por último, las minas de Hunan y Kweichow, en China, proveen unos de los cristales más finos y bellos [4].

El cinabrio aparece a menudo asociado en la naturaleza con mercurio elemental, con sulfuros metálicos pesados –como pirita, marcasita, estibina– y en ganga de opal, caledonita, cuarzo, yeso, calcita y dolomita, menos frecuentemente con barita y fluorita [1, 6]. Algunos de los yacimientos no contienen el producto en calidad suficiente para suministrar el pigmento, en este caso únicamente son utilizados para extraer mercurio. Ya desde tiempos romanos el cinabrio utilizado con fines artísticos en toda Europa provenía de la minas españolas de Almadén, de las que se extraía gran cantidad de mineral de muy alta calidad.

Nomenclatura y sinónimos

El término cinabrio procede del latín *cinnabaris*, y éste del griego *civvaβapι*. Según suponen R.J. Gettens y col., el nombre es originario de la India [2], y fue usado a veces para designar la resina roja conocida como “sangre de dragón” [7]. F. Olmeda, en las notas del texto de C. Cennini, establece que el nombre fue traído a Occidente por los ára-

bes –quienes, como se verá más adelante, introdujeron el método de obtención de la variedad artificial–; cinabrio se deriva, según este autor, de la palabra árabe *zinjafir* [8]. El vocablo bermellón proviene del francés *vermillon* y tiene su origen en el término latino *vermiculus*, diminutivo de *vermes*, que significa gusano; debido a esto, durante la Edad Media, el término *vermiculus* fue utilizado frecuentemente para designar la laca roja obtenida del pulgón quermes³ [9, 10].

La variedad de nombres aplicados a este pigmento, y la consiguiente confusión que ello supone, proviene, en principio, de los escritos clásicos. Tal y como establece K.C. Bailey, los escritores de la Grecia y Roma clásica tenían dificultad en distinguir los diferentes tipos de pigmentos rojos, por lo que en muchas ocasiones un mismo término fue aplicado indistintamente a varios productos [11]. Generalmente, cinabrio se refiere al producto natural, mientras que bermellón se ha utilizado para designar el pigmento artificial; si bien en el pasado ha sido habitual utilizar ambos términos simultáneamente, por lo que a menudo es difícil interpretar acertadamente su significado correcto [12]. Únicamente es posible identificar el tipo de producto en aquellos textos en los que se hace alguna alusión a la forma de prepararlo.

El filósofo griego Teofrasto de Ereso (372-287 a.C.) aporta la primera cita del cinabrio en *De Lapidibus*, texto del que se han realizado diferentes traducciones y estudios. E.R. Caley y J.F.C. Richards realizaron en 1956 un detallado análisis

de la obra [13]. Posteriormente D.E. Eichholz efectúa una segunda traducción en 1965; en algunos puntos recoge las observaciones de los anteriores, en otros, aporta nuevas interpretaciones [14]. En el texto de Teofrasto únicamente aparece una mención al pigmento, en la Sección 58, en la que cita dos clases, una natural y otra preparada⁴, nombrando ambas directamente con el término *cinabrio* (*civvaβapι*).

Un siglo antes de la Era Cristiana, Marco Lucio Vitruvio Polión (S. I a.C.), dedica dos capítulos de su obra *Los Diez Libros de Arquitectura* al producto que denomina *minium* y que en realidad se trata de cinabrio. En el Cap. XIII describe la extracción del mercurio del mineral y el siguiente lo dedica a detallar ampliamente la preparación del pigmento [15, 16].

Cayo Plinio Secundo (23-79 d.C.), en su *Naturalis Historia*, presta bastante atención al cinabrio, al que también denomina *minium* [11]. Otras veces utiliza el término *cinnabaris*, que muchos autores identifican con la misma sustancia [6]; sin embargo, este nombre fue empleado por Plinio para designar la resina “sangre de dragón” [7, 11, 17]. Plinio reconoce acertadamente el verdadero cinabrio cuando utiliza *minium*, tal y como se deduce del proceso de preparación que detalla. Además, añade una segunda clase de minio (*secundarium minium*); este producto en realidad se trata de tetraóxido de plomo, el actual minio (Pb₃O₄). Así lo identifica K.C. Bailey, basándose sobre todo en el proceso de preparación descrito, que corresponde a la obtención de minio a partir de la cerusa natural [11].

¹ El método de obtención del metal desde la veta de cinabrio es descrito por R.J. Gettens y col. [2].

² Son especialmente interesantes los comentarios de R. Bruquetas sobre las minas [3]: “Fueron los árabes quienes mayor impulso dieron a las minas y le impusieron el nombre de *Almadén del Azogue* (La Mina de Mercurio) a los famosos yacimientos de la provincia de Ciudad Real, aún hoy activos. En el S. XIII, bajo dominación cristiana, el rey Fernando III concede los derechos de su explotación a la Orden de Calatrava, reanudándose de nuevo la fabricación de bermellón, producto de alto valor muy demandado por los mercaderes europeos. En el S. XVI la mina es arrendada a los Fugger y, durante un corto periodo de tiempo, a los Wesler. Con el descubrimiento del uso de azogue para la separación de la plata del mineral original se dispara su demanda, llegando a proporcionar cuantiosas ganancias a los arrendatarios. En esta centuria prácticamente todo el mercurio que salía al mercado europeo procedía de Almadén, de bohemia y de Idria (actual Eslovenia), también en territorio imperial. A finales del S. XVII se seguía considerando el cinabrio español como el mejor.”

³ “Vermes” es el nombre con el que originalmente se designaba el insecto quermes, que vive en encinas y robles, empleado para la preparación de tinte y laca roja.

⁴ Tanto la clase natural como la artificial se refieren al mismo producto, la diferencia se establece únicamente en la forma en que se presentaba el mineral y se preparaba el pigmento. En el apartado siguiente se discute el significado en cuanto a la diferencia entre cinabrio natural y artificial que recoge Teofrasto. Según R.J. Gettens y col., en cambio, la clase natural se trataba realmente de cinabrio, mientras que la segunda era rojo de plomo [6], sin embargo, no existen otros datos que corroboren la afirmación.

P. Dioscórides, médico griego (S. I d.C.), utiliza las dos denominaciones –*minio* y *cinabrio*– para referirse a dos productos diferentes. Aclara, además, la confusión que existía entre estos dos términos⁵ [18]. De la misma forma que su coetáneo Plinio, Dioscórides utiliza el término *minio* para referirse al cinabrio español⁶. Advierte, en cambio sobre la naturaleza del *cinabrio* y el error que se comete al identificarlo con “sangre de dragón”⁷.

Según D.V. Thompson, el cinabrio fue llamado minio en tiempos clásicos, probablemente porque se encontraban partículas de cinabrio en las arenas del río “Minium”, en España, el actual Miño; aunque este mismo autor también apunta la posibilidad contraria, es decir, que al río se le diera este nombre porque en sus orilla aparecía cinabrio [19].

Como se discute más adelante, el pigmento artificial se incorpora a la paleta de los artistas no antes del S. VIII. A partir de este momento, en el que los artistas podían disponer de ambas variedades, no siempre es fácil identificar en los textos a cuál se hace referencia, salvo en los casos donde el autor indique claramente la procedencia o los métodos de preparación.

En el Códex Lucensis 490, de la Sala Capitular de la Biblioteca de Lucca, en Italia, normalmente conocido como Manuscrito de Lucca, datado a finales el S. VIII (796-816) y de procedencia anónima, se recogen las primeras recetas para la fabricación del producto artificial; aparece reseñado todavía como *cinobrium*, si bien es seguro que no se refiere al pigmento natural [20]. La primera referencia donde se cita específicamente el vocablo bermellón –en su acepción latina *vermiculo* dado el origen de la fuente–, se encuentra en el *Mappae Clavícula*, tratado datado en el S. XII (aunque probablemente recoge dos textos correspondientes a los siglos IX-XI)⁸; en el texto también se recoge el término *cinnabaris*. C.S. Smith y J.G. Hawt-

orne explican cómo ambas denominaciones se refieren al producto sintético [22]. A partir de aquí el término *bermellón* es muy utilizado, junto con *cinabrio*, indistintamente tanto para el producto artificial como para el natural.

El Monje Teófilo en su obra *The diversis Artibus* (S. XI-XII) denomina *cenobrium* a la variedad artificial (Libro I, Capítulos 1, 3, 4, 8, 14, 15, 16, 20, 29, 34), posiblemente como influencia de la nomenclatura del Manuscrito de Lucca [23].

Las diferentes traducciones que existen del texto de C. Cennini (S. XIV) asignan nombres distintos al pigmento. D.V. Thompson, Jr. traduce el término en inglés como *vermilion* [24]. En la versión que realiza F. Olmeda, se cita como *cinabrio* [8]. C. Cennini se refiere al pigmento artificial, como más adelante se verá, por lo que la primera traducción parece más apropiada. Asimismo, en el Cap. XXXIX del tratado aparece un término muy similar, *cinabrese*, que puede dar lugar a confusiones, si bien realmente se trata de un color obtenido por mezcla de sinopia con cal apagada.

Durante la Edad Media se adoptan diferentes tipos de acepciones latinas para indicar ambos productos, como *cinabrium*, *cinaprium*, *cenobrium*, de las que se derivan los restantes términos, como el italiano *cinabro*, lo alemán *cenober* y *zinnober*, etc. [25].

La palabra *azurium*, se recoge en distintas fuentes medievales. Se trata de un vocablo que deriva de varios términos árabes, como *açifur*; *azenzar*; etc., los cuales son nombres del bermellón. El término latín para el azul es también *azurium* y de aquí el error al aplicar la misma palabra para ambos productos. D.V. Thompson Jr. y otros autores explican cómo, en ciertos textos de influencia árabe, se ha utilizado el término como sinónimo de bermellón y la confusión que ello ha supuesto hasta incluso el S. XVIII [19, 25, 26]. La palabra *azurium* es apli-

cada erróneamente en varias recetas, que sin lugar a dudas se refieren a la fabricación de bermellón, así ocurre, por ejemplo, en el Manuscrito Boloñés⁹ [27], o en *Libellus de Alchimia*, atribuido al monje dominico alemán Alberto von Bollstadt, más conocido como Alberto el Magno (1206-80)¹⁰ [28].

M.P. Merrifield indica cómo los pintores italianos tuvieron la costumbre de nombrar al óxido de hierro rojo (hematites) *cinabrio mineral* [29]. Así lo expone R. Borghini (S. XVI), quien establece que el hematite (“lapis amatita”) era llamada con este nombre [30].

Según R.D. Harley, en el pasado se han utilizado los dos nombres –cinabrio y bermellón– indistintamente para describir cualquiera de los productos, pero en el S. XVII el segundo término fue más frecuente. A partir de la segunda mitad del S. XVIII, el término cinabrio era utilizado únicamente para designar el mineral nativo [12]. No obstante, Dionysius di Fournia (1670?-1745/46) en su *Hermeneia*, se refiere al producto artificial como *cinabrio* [31].

El tratadista español A. Palomino (1655-1726), establece una curiosa diferenciación entre ambos al citar, en el índice de términos que incluye en su tratado, al *bermellón mineral* como un “color encarnado, de piedras de las minas de azoge...”, refiriéndose indudablemente al cinabrio. Por otro lado, denomina *bermellón artificial* al “color encarnado, el más hermoso hecho, por arte química, de azogue, y azufre...” [32]. El término *bermellón mineral* ya fue utilizado algunos años antes por J. García Hidalgo (1656-1718) [33].

En el glosario que incluye M.S. Alexander en la nueva edición de la recopilación de tratados de M.P. Merrifield, añade los términos *cynobre*, *cinobrium* y *sinobrium* [29]. Por último, el profesor R. Mayer, en su glosario sobre pigmentos, incluye los términos *bermellón inglés* y *bermellón chino*, para los productos fabricados en dichos países, así

⁵ ... Están en muy grande error los que piensan que el cinabrio y el minio son una misma cosa.

⁶ ... El minio se hace en España, de cierta piedra mezclada con arena plateada, y por otra señal no puede bien discernirse. Cocido en las bornazas el minio, cobra un color muy florido y ardiente...

⁷ Mas el cinabrio se trae de Africa... Su color es profundo, por donde creyeron algunos que fuese sangre de drago.

⁸ Texto original en latín publicado por primera vez en 1847 por T. Phillipps [21].

⁹ ... Ad faciendum azurrium per artificium... En otros capítulos se cita también como *vermiculis*.

¹⁰ ... Quomodo et unde fit azurium.

como *bermellón escarlata* y *bermellón naranja*, éste último como una variedad del pigmento [34].

Historia de la utilización del pigmento

Tanto el cinabrio natural como el bermellón artificial constituyen el único pigmento rojo brillante conocido en tiempos pasados¹¹. Los restantes pigmentos rojos conocidos hasta el S. XX, fundamentalmente las lacas y el minio, presentaban características que eran, en cuanto a color y propiedades, bien distintas a las del brillante rojo bermellón. Por ello, durante toda la Historia, ya desde las primeras civilizaciones de la Antigüedad y en las remotas culturas orientales, ha constituido el pigmento rojo más apreciado.

Cinabrio

El cinabrio es uno de los pigmentos más antiguos en la paleta de los artistas. Las primeras menciones sugieren su uso en Oriente, donde tuvo importantes aplicaciones tanto en el arte como en la primitiva ciencia. A. Waley describe su uso en los primitivos entierros en China y cita su importancia en la antigua alquimia de este país [35]. A.A. Benedetti lo identifica como el rojo empleado en las incisiones del oráculo de la dinastía Shang (1523?-1027? a.C.), de la Colección de la Universidad de Princeton (New Jersey) [36]. R.J. Gettens y col. también establecen su uso en China desde tiempos de esta dinastía y la siguiente Chou (1027-

256 a.C.), donde su uso se reservaba para entierros solemnes [6]. J. Needham habla de su uso en elixires medievales [37] y O.S. Johnson lo cita como ingrediente en recetas para la preparación de la piedra filosofal [38]. En Egipto y Mesopotamia parece que no fue conocido, lo que constituye un hecho extraño [38]; no figura recogido en ninguna lista de pigmentos de aquella época. A. Lucas establece que el óxido de hierro fue el único pigmento rojo conocido por los egipcios [39]. J.G. Bearn anota su uso por los antiguos hebreos, quienes lo aplicaron en las pinturas murales de los templos [40].

Como ya se ha visto, fue conocido por los griegos en la época de Teofrasto, casi cuatro siglos antes de la Era Cristiana. Sin embargo, E.R. Caley y J.F.C. Richards, tras un interesante estudio, concluyen que el pigmento fue ya empleado en Grecia en tiempos anteriores. Se encontró cinabrio nativo en unas estatuas del S. VI a.C., actualmente en el Acrópolis Museum de Atenas. También se halló en el borde de un pequeño cuenco de finales del S. V a.C.; en este caso parece que el vaso fue utilizado para efectuar las mezclas de las pinturas [13]. Aunque después del S. V a.C. sigue utilizándose en Grecia, parece que fue más frecuente el uso de óxidos de hierro rojos¹². Aunque Teofrasto cita dos tipos de cinabrio, uno natural de Iberia y otro artificial de Efesos¹³, parece claro que en ambos casos se refería al producto nativo, ya que no hay evidencias que indiquen el cono-

cimiento en aquella época de la variedad sintética, cuyas citas son posteriores¹⁴.

Continuando la discusión sobre el origen del cinabrio utilizado en Grecia en esta época, Plinio recoge del texto de Teofrasto el término griego *Iþbrian* (Iberia) y lo cita como *Hispania* [11]. En principio, parece aceptable que Teofrasto se refería a la actual España, y así lo exponen además diferentes autores, que se basan sobre todo en suponer correcta la interpretación de Plinio (que conocía sobradamente los depósitos de cinabrio en España)¹⁵. Sin embargo, E.R. Caley y J.F.C. Richards difieren de esta interpretación, al afirmar que el yacimiento español (que proveía el mineral en tiempos romanos) no era conocido por los griegos de la época de Teofrasto –cuatrocientos años antes–, excepto de forma muy localizada; es más dudoso aún que obtuvieran el pigmento de este yacimiento¹⁶ [13]. Según estos autores, Iberia parece referirse a otra antigua ciudad conocida con este mismo nombre y situada en el Cáucaso, en la parte oeste de la Georgia rusa. Esta localización estaría más de acuerdo también con la cita de la ciudad Colchis, mencionada por Teofrasto en el mismo contexto que Iberia, ya que mantiene una frontera común con la Iberia caucásica. D.E. Eichholz, en cambio, traduce la ciudad Iberia como una población española [14]. Para este traductor, no existe duda de su significado, indicando su desacuerdo con la explicación anterior de E.R. Caley y J.F.C.

¹¹ Únicamente fueron igualados por los rojos de cadmio preparados en 1907 por De Haen.

¹² Este hecho pudo ser debido a elevado precio del cinabrio, al ser un mineral más escaso y, por consiguiente, usado más esporádicamente.

¹³ Teofrasto describe la clase de Iberia como “dura y pétrea”, en comparación con la de Efesos, más “arenosa”: *El cinabrio de Iberia, que es muy duro y pétrea, es natural, así como la clase encontrada en Colchis. Se encuentra en riscos y se baja disparando con saetas. La clase preparada proviene de un sólo lugar; un poco el norte de Efesos. Es una arena que brilla y parece tinte escarlata, se recoge y muele en vasos de piedra tan fino como sea posible...*

¹⁴ Parece claro que la diferencia entre las dos clases era el modo de obtención; probablemente la primera corresponde a un cinabrio en estado bastaste puro que podía ser usado directamente, mientras que la segunda es una variedad terrosa mezclada con muchas impurezas que era necesario eliminar. Pudiera ser, por lo tanto, que Teofrasto –cuando cita el producto de Efesos– tomara erróneamente como una manufactura un proceso que consistía únicamente en una purificación del mineral.

¹⁵ La mención de Plinio es confusa cuando se refiere a Hispania: por una parte, se refiere a la variedad procedente de Iberia, recogida de Teofrasto (que traduce como *Hispania*), diciendo que era un cinabrio impuro, sin embargo, más adelante cita las minas españolas como el principal proveedor de cinabrio, además de alta calidad. No parece, pues, que ambas menciones se refieran a sustancias de idéntico origen, y parece dudosa la primera interpretación de Plinio al traducir como *Hispania* la localización que Teofrasto cita como Iberia.

¹⁶ A este respecto, aportan una cita de Vitruvio, en relación con el descubrimiento de las minas de España: ... *dicen que se encontró por primera vez en el distrito de Cilbiana en Efeso. Las factorías que había en las minas de Efeso han sido trasladadas ahora a Roma, porque se han descubierto esta clase de vetas en España...* [15, 16].

¹⁷ Vitruvio aporta una cita muy significativa, en cuanto a su alta estimación, al afirmar: ... *sus propiedades son ciertamente muy extraordinarias.* [15].

Richards. Para ello se basa en la misma cita de Vitrubio, pero su interpretación es distinta: supone que las autoridades romanas comenzaron la explotación de las minas españolas al agotarse las de Efeso, pero que ya eran sobradamente conocidas en tiempos de la Grecia Clásica¹⁷.

Posteriormente, durante la dominación romana, el cinabrio era un pigmento muy apreciado. Fue, asimismo, uno de los colores rojos encontrados en Pompeya tras las excavaciones de la ciudad [41]. En el tiempo de Vitruvio el cinabrio era llevado a Roma desde las minas de Almadén. A pesar de que las minas de Efeso pudieran seguir activas en ese momento¹⁸, parece que el yacimiento español constituyó prácticamente el único proveedor del imperio. Plinio se refiere a estos depósitos, a los que denomina *Sisapo*, e indica que las minas eran propiedad del Estado, el cual fijaba el precio¹⁹ [11]. D.V. Thompson supone que el colosal precio en que el gobierno fijó la venta únicamente se exigiría para cinabrio de muy alta calidad [19]. Fue un pigmento muy empleado en pintura mural civil, pero debido precisamente a su elevado precio estaba reservado únicamente para gente adinerada. H. Davy refiere que estaba destinado para el uso imperial, como muestra el haberse encontrado en los baños del Emperador Tito (40?-81 d.C.) [42].

El aprecio que gozaba el cinabrio en Roma en tiempos de la República hizo que fuera usado sólo en ocasiones especialmente importantes. Plinio recoge una cita del gramático romano Lucio Verrio Flaco (S. I d.C.), en la que dice que en ocasiones festivas era habitual utilizarlo para pin-

tar la cara de Júpiter (*Iovis*); de igual forma eran coloreados los cuerpos de los generales victoriosos, una costumbre seguida por Camillo (*Cammillum*) en la procesión triunfal (*Camillum triumphasse*). Su fama era tan notable que el mismo Plinio refiere cómo su demanda provenía incluso de tierras africanas, donde el color se utilizaba para las imágenes de sus dioses [11].

Debido a su alto coste y aprecio, el cinabrio fue muy adulterado ya desde tiempos clásicos. Vitruvio constata este hecho, relata cómo se realizaba la adulteración con cal y aporta un método para comprobar su pureza²⁰ [15, 16]. Plinio también comenta cómo los comerciantes añadían diversos materiales –minio, ocre rojo, ladrillo machacado– para abatar el pigmento [11].

A.P. Laurie recoge “un cinabrio muy puro” entre los pigmentos utilizados en manuscritos bizantinos –y en la mayoría de los europeos continentales– desde el S. VII [43, 44]; no se localiza su presencia, sin embargo, en manuscritos iluminados ingleses hasta los fechados en el S. XI, momento en que se observa en diversos códices una fina calidad del pigmento [45] (posiblemente la variedad natural mayoritariamente).

A.H. Church establece la utilización del pigmento preparado de la forma nativa en templos italianos de los siglos XIII, XIV, XV y XVI [7]. M.P. Merrifield lo incluye en la paleta de colores de los mejores pintores venecianos [29]. J. García Hidalgo, asimismo, incluye el *bermellón mineral* entre los pigmentos para temple [33]. Todavía un siglo después era apreciada la variedad natural y A. Palomino aconseja preferentemente

su empleo²¹ [32]. De igual manera, en el *Tractado del arte de la pintura* de la Biblioteca Nacional de Madrid, aparece de forma específica en la lista de colores para óleo (tanto natural como artificial, aconsejando éste último [46, 47].

Es difícil establecer cuándo se dejó de utilizar el cinabrio natural con fines artísticos. Es probable que con la incorporación de la variedad artificial en el mercado, el cinabrio fuese desplazado paulatinamente y cayendo en desuso. No obstante su desaparición de los proveedores no parece tener lugar antes de 1880 [48].

Bermellón

No se conoce con exactitud el momento en que comienza a producirse artificialmente bermellón. Casi con seguridad el proceso fue inventado en China, donde se descubrió a principios de la Era Cristiana la manera de combinar mercurio y azufre, por la llamada “vía seca”. Este sistema probablemente fue traído a Occidente por los árabes [6]. A este respecto, H. Koop aporta una referencia de mediados del S. VIII, del alquimista árabe Abú-musá-Jabir-ibn-Hayan, más conocido con el nombre latinizado de Geber, en la que se habla de un compuesto rojo formado por la unión de azufre y mercurio [49]. F. Olmeda, en las anotaciones que realiza al texto de C. Cennini, recoge la reseña, confirmando que fueron los árabes los responsables de la introducción en Europa del proceso junto con el nombre del producto [8].

En China fue muy importante el pigmento artificial, hasta tal punto que desde muy antiguo fue reconocido como color real y se utilizó para

¹⁷ Si bien pudiese ser que el yacimiento español viniera a suplir en tiempo de Vitruvio las viejas minas de Efeso agotadas, lo cierto es que Plinio, más de cien años después, vuelve a referirse a ellas (elogia, incluso, su buena calidad diciendo que la arena era de color grana (“cocci”): ... *la mejor viene de Cilbiana en Efeso, donde la arena tiene color grana...*); por lo tanto es confusa la fecha en que dejó de extraerse de Efeso el mineral.

¹⁹ ... *Casi toda nuestras fuentes vienen de España, de esa famosaa mina de cinabrio en la región de Sisapo en Bética, que es una fuente de ingresos para los romanos. Nada es más celosamente guardado, es ilegal refinarlo y tostarlo allí. El mineral se trae a Roma precintado, en cantidad de diez mil libras por año aproximadamente. El precio de venta es fijado por Ley en setenta sestercios la libra, pero es adulterado de muchas maneras...* (Teniendo en cuenta que un sestercio era la cuarta parte de un denario de plata, el precio ascendía a diecisiete denarios y medio la libra).

²⁰ ... *El cinabrio se adultera mezclando cal. Así, si se desea probar que es puro, se procederá así. Tómese una plancha de hierro, póngase el cinabrio encima, y coloquese al fuego hasta que la plancha quede al rojo. Cuando el calor haga cambiar el color y lo vuelva negro, quitar la placa del fuego, y si el cinabrio al enfriarse vuelve a su color original, probará que no está adulterado; pero si se mantiene de color negro, mostrará que ha sido adulterado.*

²¹ ... *El bermellón, aunque suele ser más hermoso el artificial, si se consigue el mineral, que se trae de las minas del azogue, no el de las piedras, sino el de las venas, y vetillas menudas, y de esto se escoge el más relumbrante, es tan bueno, y mejor, que el artificial...*

estampar la firma real en el papel moneda en época del emperador Kublai-Kahn (1216-1294), según refiere el viajero Marco Polo (1254-1324), en cuya corte estuvo 17 años [50]. El proceso chino, o procedimiento por “vía seca”, constituyó durante gran parte de la Historia el único método de obtención sintética del pigmento.

En cualquier caso, el método de fabricación no fue conocido en la Grecia Clásica ni en Roma²². Aunque existen algunas evidencias que indican que la síntesis del bermellón fue practicada en el S. III d.C., a partir de las descripciones encontradas en escritos del alquimista Zosimus, sin embargo, el hecho no está establecido claramente [19, 25]. Lo que sí está claro es que los procesos de obtención y manufactura del mercurio fueron de gran interés en tiempos medievales y uno de los aspectos más apreciados en la antigua alquimia.

La referencia occidental más antigua que describe el método de sintetizar el pigmento se encuentra en dos recetas recogidas en el Manuscrito de Lucca [20]. La primera receta se recoge en el capítulo titulado “Operatio Cinnabarim”. El texto aparece incompleto, si bien se conservan las partes esenciales para su interpretación. La segunda está incluida en el capítulo “De Compositio Cinnabarim” y, aunque también incompleta, recoge con gran detalle la operación.

Según D.V. Thompson Jr., el bermellón artificial fue la aportación más importante a la paleta de los pintores medievales, y las pautas para su manufactura debieron tener gran demanda durante muchos siglos después de su descubrimiento en el S. VIII [25]; si bien fue esporádica en los siglos inmediatamente posteriores. A partir del S. XI, las recetas empiezan a multiplicarse y en los siglos XIV o XV prácticamente todos los escritos recogen numerosas referencias de su preparación. Poco después, el pigmento pudo ser adquirido fácilmente en tiendas, por lo que el interés por aprender su proceso de fabricación disminuyó, pese a que las recetas para su elaboración continuaron durante mucho tiempo.

Según establece M.P. Merrifield, a juzgar por el contenido de los manuscritos, los artistas de aquella época utilizaron mayoritariamente la variedad sintética [29]. En los textos se detallan claramente los métodos empleados en su fabricación: en el *Mappae clavicula* (S. XII), existen tres recetas para la fabricación del bermellón²³; el Monje Teófilo (S. XI-XII) también dedica un apartado a la descripción de la preparación del producto sintético [23]; en el Manuscrito de P. S. Audemar (S. XIII-XIV) se recogen dos recetas [52], en el Boloñés (S. XV) aparecen varios modos de elaboración [27]; asimismo, en el Manuscrito de Bruselas (1635), P. Le Brun se refiere al producto obtenido por sublimación [53].

A pesar de utilizarse bermellón sintético desde el S. VIII, A.P. Laurie, en la revisión que realiza en manuscritos iluminados ingleses, no localiza el pigmento hasta obras del S. XI, excepto en raras ocasiones (añadido al minio²⁴) [45]. En tiempos de C. Cennini (S. XIV), el pigmento sintético era ya sobradamente conocido. En el *Libro del Arte* se dedica un capítulo a “la naturaleza del rojo llamado cinabrio, y cómo hay que molerlo”,²⁵ [8]. En esos momentos el bermellón se podía conseguir fácilmente y es curioso observar cómo tenía ya poco que ver con el costoso cinabrio, por el que las gentes más pudientes de la Roma clásica pagaron astronómicas cantidades. No obstante, durante todo el Medioevo la estima, que popularizó al cinabrio muchos siglos antes, se hizo extensiva al bermellón, cuyo brillante color seguía siendo inalcanzable por ningún otro pigmento rojo.

A pesar de que algunas fuentes citan su escaso empleo con óleo y los efectos sobre otros colores con aglutinantes grasos, el bermellón figura en la mayoría de las listas para pigmentos al óleo²⁶. En el Manuscrito de Estrasburgo (S. XV) se recoge su utilización en centroeuropa, posiblemente en la variedad sintética, y se incluye en la lista para pigmentos en pintura al óleo [54]. Así, fue el rojo más adecuado para entonar carnaciones en obras de caballete. Ya en el S. XII, formaba parte del color base en las encarnaciones de Teófilo, al

²² A.P. Laurie indica que el proceso de obtención del bermellón por sublimación era conocido ya en tiempos de Plinio (S. I d.C.), aunque esta afirmación no parece estar avalada por ningún otro autor y tampoco ha podido ser confirmada a partir del contenido del texto de Plinio, por lo que no parece que tal aserto tenga una base consistente [51].

²³ Las fuentes provienen casi con seguridad de los S. X y XI. La fabricación del bermellón se encuentra en el Cap. i (*De Vermiculo*), de la primera parte, así como la receta núm. CV (*De compositione cinnabarin*), de la transcripción que realiza T. Phillipps en 1847 [21]. La tercera receta figura como la núm. 221-C (*A recipe for cinnabar*), de la edición de C.S. Smith y J.G. Hawthorne en 1974 [22].

²⁴ A este respecto, en el Manuscrito de S. Audemar se recoge una referencia de la adición de bermellón en iluminaciones con el fin de conseguir un color más brillante: ... *si quieres iluminar un manuscrito no debe hacerse solo con minio, porque aunque las letras se formen bien no serán bellas por ser demasiado pálido, debe mezclarse el minio con bermellón, para que el color sea brillante* [52].

²⁵ Refiriéndose a él indica: *Rojo es un color que se denomina cinabrio; y dicho color se hace por alquimia, elaborado por alambique; la cual elaboración sería demasiado larga de contar; por lo que paso por alto la receta. ¿El motivo? Porque, si quieres fatigarte, encontrarán muchas recetas, especialmente si te haces amigo de frailes. Pero yo te aconsejo, para no perder tiempo con las múltiples variaciones que tales prácticas tienen, que compres con tu dinero el que encontrarás ya preparado por los especieros*. La cita parece suponer que el bermellón fue preparado en esta época en algunos monasterios (los monjes eran considerados expertos conocedores del pigmento). Recordar que muchos de los antiguos recetarios medievales fueron realizados por monjes, los cuales en la Edad Media monopolizaban prácticamente la ciencia química y la alquimia; grandes pintores como Perugino, Rafael, etc., acudían con frecuencia a los monasterios para conseguir de los monjes aceites refinados y colores puros y bien preparados [8, 29].

²⁶ De igual forma, no es un pigmento adecuado para pintura mural, pese a que no es infrecuente encontrarlo en muro. Este aspecto se trata en los apartados siguientes.

que denomina “flesh-colored”²⁷. Fue, asimismo, utilizado en carnaciones por los primitivos pintores Flamencos y contituyó, algo más tarde, una de las grandes peculiaridades de P.P. Rubens (1577-1640), seguida por muchos pintores contemporáneos y posteriores [55].

Ha sido habitual mezclar bermellón con laca roja, especialmente en obras de mayor calidad. También es muy frecuente cubrir los estratos de bermellón con una veladura de laca roja, lo que aumenta la pureza del color, a la vez que sirve de protección contra el ataque de la luz [6].

Durante todo el medievo, fue sobradamente conocido por los artistas las diversas formas de adulterar el pigmento (práctica ya advertida en la Roma clásica); C. Cennini anota este punto y enseña a reconocerlo²⁸. P. Le Brun, en su manuscrito, dedica un apartado a la adulteración con cal, hecho también frecuente, y a su posible identificación, mediante un método bastante similar al referido anteriormente por Vitruvio²⁹. A pesar de su fácil adquisición, el pigmento se siguió adulterando, fundamentalmente con rojo de plomo. No obstante, es preciso señalar que no siempre esta adición suponía una adulteración y a veces el bermellón era mezclado con minio o con ocre rojo por el artista, de forma intencionada, para conseguir un color específico³⁰. Sin embargo, los estatutos de pintores de los S. XIV y XV, prohibían la sustitución de bermellón por minio o tierra roja, aplicando severas multas a los artistas que no siguieran las ordenanzas. Así se recoge en los Estatutos del Gremio

de Pintores de Siena en 1355 (“Statuti dell’Arte de Pittori Sanesi”)³¹ [56].

Con cinabrio, y lógicamente también con bermellón, fueron obtenidos numerosos tonos rosados y anaranjados. En el Manuscrito de Padua (S. XVI-XVII) se dedica un apartado a la obtención de colores, mediante mezcla del bermellón con otros pigmentos [57]. Así, el ocre tostado se hacía con cinabrio y negro; el color de las fresas maduras (“fragole mature”) o de la sangre se imitaba con cinabrio y laca. El escarlata (“scarlato”) y los tonos rosados en las mejillas se conseguían con cinabrio, laca y blanco de plomo. Igualmente aconsejaba velar con laca para oscurecer las zonas donde se aplicaba el bermellón (“Rosso di cinapro, s’ombra con lacca”).

En los primeros momentos del S. XVII, se prestó gran atención a la manufactura del bermellón y el precio de venta fue en ese tiempo muy elevado [55]. A partir del S. XVII, Holanda fue el principal centro de producción y exportación del bermellón. Aquí era fabricado un producto de muy alta calidad por el método conocido como “vía seca”, en su modificación holandesa³² [6, 58]. A finales de este siglo, las quejas sobre las continuas adulteraciones hicieron a los escritores aconsejar que los pintores comprasen el mineral nativo en trozos o, en todo caso, que hicieran el pigmento sintético ellos mismos. Por este motivo comenzó un período en que resurgieron las recetas para su fabricación. No obstante, dada la complicación de los métodos, así como el especial equipamiento que requiere, no pare-

ce probable que muchos pintores optaran por esta segunda recomendación, excepto aquellos que tuvieron conocimientos de química. En vista de esta alarma en los ambientes artísticos y debido a la dificultad en cuanto a su fabricación por los propios usuarios, empezaron a surgir soluciones más efectivas, como métodos para determinar la presencia de rojo de plomo. Así, un tono anaranjado en el pigmento sugiere la presencia de adulteración, la cual puede ser detectada calentando el pigmento con carbón en polvo; después de algún tiempo, si el bermellón está mezclado con un óxido de plomo, éste se reducirá a plomo metálico, que se depositará en el fondo del recipiente. La proporción de rojo de plomo que se ha mezclado podrá ser determinada por diferencia de pesada antes y después de la operación [12].

Tal y como indica R.D. Harley, desgraciadamente la magnitud que tuvo este tipo de adulteración en Inglaterra, hizo que el bermellón manufacturado en este país tuviera una reputación muy pobre en el exterior. Hasta tal punto que, según cita el mismo autor, solía decirse que “el bermellón verdadero y el inglés no son el mismo producto”. Por este motivo, durante el siglo XVIII, tal y como muestran los documentos de aduana, el bermellón era importado regularmente y en grandes cantidades desde Holanda, que proveía un producto de muy alta calidad. El precio llegó a alcanzar en 1760 la cantidad de 32.000 libras. A partir de este momento, el precio disminuyó al ser importado principalmente desde

²⁷ Este color, al que denomina *membrana*, consistía en una mezcla de masicote, albayalde y cinabrio, y constituía el color base de las carnaciones. Cuando iba a ser utilizado sobre muro la mezcla variaba: ocre, cinabrio y cal [23].

²⁸ ... y quiero enseñarte a comprarlo y a reconocer un cinabrio bueno. Compra siempre cinabrio entero, nunca triturado o molido. La razón: que la mayoría de las veces se adultera con minio o con ladrillo machacado. Mira el trozo entero de cinabrio, y aquél que veas de costra más compacta y de grano más fino, ése es el mejor. F. Olmeda anota la puntualización de C. Cennini, indicando que el bermellón obtenido por la “vía seca”, mediante sublimación, se recogía en costras cristalinas de espesor más o menos grueso, de aquí la recomendación expresa de Cennini [8].

²⁹ ... El bermellón se adultera con cal; para detectar esto, debe ponerse sobre una hoja de cuchillo y calentado; si es bueno, cuando esté de nuevo frío, será del mismo color que antes, pero si una de las caras del cuchillo permanece negra, y entonces se vuelve marrón y negruzca, será evidencia de que el bermellón ha sido adulterado [53].

³⁰ Ya se ha visto la mezcla de ambos en iluminaciones (ver nota núm. 24). Teófilo también utiliza ambos pigmentos juntos para preparar carnaciones: ... mezcla un poco de cinabrio y un poco menos de minio con el color base de la carnación, para hacer el pigmento que se llama rosa [23].

³¹ Ancho ordiniamo che nullo dell’ arte de’ dipentori ardisca o ver presuma di mettere in lavorii che facesse altro oro o ariente o colori che avesse promesso, si come oro di meta per oro fino e stagno per ariente azzuro ultramarino, biadetto overa indico per azzuro, terra rossa o minio per cinabro, e chi contrafacesse per la predette cose sia punito et condannato per ogni volti in X libr.

³² En los siguientes apartados se detalla el proceso.

China y Alemania [12]. Si bien, ya durante la primera mitad de ese siglo, el bermellón venía siendo importado desde China, su reputación no fue establecida firmemente hasta la segunda mitad del siglo, cuando muchos escritores lo recomendaron. A este respecto, el mismo autor relata cómo los vendedores, cuando no tenían pigmento chino, hacían nuevos paquetes poniendo caracteres chinos en la parte exterior para engañar a los compradores y hacerlo pasar por chino [12].

Según establece H. Kopp, en 1687, G. Schulz descubrió en Alemania un nuevo modo de obtención del bermellón, conocido como “vía húmeda” [49]. Este método permitía la obtención del pigmento de forma más fácil y menos costosa que el proceso seco de sublimación conocido hasta ese momento. El pigmento obtenido de esta manera, poco a poco monopoliza la producción del producto en Occidente. El bermellón así fabricado se denomina bermellón alemán e inglés y constituye prácticamente el único tipo que actualmente se produce. F. Rose describe las distintas modificaciones que el proceso tuvo a comienzos del siglo [59].

R.D. Harley indica que el bermellón fue excluido por los artistas dedicados a miniaturas durante el S. XVII. A este respecto, se refiere a E. Norgate, el cual, efectivamente no recoge el bermellón como pigmento de miniaturas [60]. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el otro gran tratadista de la época, N. Hillard, quien lo utiliza junto con la laca y el rojo de plomo [61].

También F. Pacheco (1564-1644) lo incluye en la lista de colores para miniaturas –templado con goma arábiga–, indicando que los colores para

las iluminaciones “han de ser los mejores, más finos, delgados y subidos” [62]. De igual forma lo aconseja al temple para hacer carnaciones y en óleo, no así en técnica al fresco, donde es sustituido por tierra roja³³.

Por éste tiempo se seguía la costumbre de utilizar laca roja, bien mezclada con el bermellón, o bien aplicada encima de éste en forma de veladura³⁴.

J. García Hidalgo también lo utiliza en óleo, para carnaciones y para aplicar las medias tintas y claros en ropas, en este caso concarmin o goma guta encima³⁵. Asimismo lo incluye en la lista de colores al temple y al fresco [33]. El tratadista portugués F. Nunez (1575-1615) lo cita en todas las técnicas pictóricas, excepto para fresco [63]. En el tratado de A. Palomino figura, asimismo, entre los colores al óleo [32] y Dionysius di Fournia lo desaconseja para pintura mural³⁶ [31].

Durante todo el S. XIX continuó su utilización en muchos tipos de pintura. Como R.D. Harley apunta, el brillante color que proporcionaba hacía que los demás colores, incluso otros rojos, retrocedieran ópticamente, resaltando así la zona donde era aplicado [12]. Únicamente el rojo de cadmio, incorporado al mercado de los pigmentos en 1907 por el alemán De Haen, ha conseguido igualar cromáticamente al bermellón, a la vez que presenta mejores propiedades de permanencia, por lo que ha conseguido que disminuya enormemente la demanda, y con ello la fabricación del bermellón.

Métodos de preparación

La preparación del pigmento sigue distintos métodos según se proceda

desde el mineral nativo o bien se realice artificialmente, por cualquiera de los dos procedimientos, el más clásico o “vía seca” y el incorporado a finales del S. XVII, conocido como “vía húmeda”. A partir del mineral, el pigmento se obtiene por molienda, mientras que los otros dos sistemas se basan en la combinación de azufre y mercurio, obteniendo un producto con grano más fino. A su vez, el pigmento preparado por la vía húmeda presenta un grano aún más pequeño que el fabricado por sublimación, aunque, como se verá más adelante, sus propiedades son semejantes.

Tanto si se trata del producto natural, como si se ha obtenido sintéticamente, y una vez que el pigmento se encuentra en polvo, la molturación específica a la que es sometido, los tratamientos de purificación que se efectúan antes de ser utilizado, así como el modo preciso de mezclarlo con el aglutinante, determinan en gran medida sus características.

Las variaciones de tonos observadas en el pigmento son debidas a los distintos grados de molienda; por ejemplo, un grano grueso da lugar a un tono carmesí. Así, pueden encontrarse distintas tonalidades –desde escaflata a rojo anaranjado– simplemente variando la granulometría del polvo. Por ello, a partir de un mismo pigmento se pueden conseguir distintos colores, únicamente con repetir el proceso de molienda de una forma determinada [7]. Este fenómeno ha sido conocido y utilizado por los artistas, que molían intencionadamente el pigmento de diferente forma³⁷.

Es conocida la importancia que entrañaba el proceso de purificar los pigmentos antes de ser templados. La finalidad de esta operación con-

³³ ... *La almagra de Levante suple por el bermellón en las carnes y en ropas alegres.*

³⁴ Pacheco explica el proceso: ... *y, si se ha de labrar alguna ropa de rosado con el blanco y carmín, será más perpetuo su color si se bosqueja debaxo con bermellón y, luego, se labra con el carmín y blanco, o para quedar sin bañar, o para bañado. Pero si se pretende hacer un paño carmesí, o de grana, o de terciopelo, se ha de templar el bermellón y el carmín junto, haciendo un color alegre igual, del cual se han de sacar los claros mesclándolo con el albayalde más, o menos, conforme se pretende...* [62].

³⁵ ... *los claros de blanco, y carmín, y las medias tintas de lo propio, y a vezes de blanco, y bermellón; y después se bañan de carmín fino... Los naranjados, los oscuros de carmín, y los claros de acercón; y también bosquejarlos de carmín, y bermellón, y bañarlos con guta gamba.*

³⁶ ... *Debes saber que no debes usar cinabrio si quieres pintar en el exterior de la iglesia en un lugar donde esté expuesto al ambiente exterior, porque ennegrecerá.*

³⁷ Según C. Cennini, por ejemplo, el mejor color se obtenía tras una prolongada molienda: ... *Ponlo entonces sobre la piedra ... y muélelo con agua clara lo más que puedas; que si lo molieras todos los días durante veinte años, resultaría cada vez mejor y más perfecto* [8].

sistía en eliminar las impurezas presentes en el pigmento: en el caso de los pigmentos de origen natural, estas impurezas pueden ser minerales asociados al yacimiento de origen, mientras que para los obtenidos artificialmente se trata de subproductos formados en el proceso. Las recetas para la purificación de pigmentos figuran en numerosas fuentes medievales. Las que hacen referencia al bermellón o cinabrio, generalmente aluden al producto sintético, que fue mayoritariamente utilizado a partir del S. XII³⁸.

Como ejemplo, en el Manuscrito Boloñés (S. XV) se recoge, junto con varias recetas para preparar el producto sintético, una referencia que alude al tratamiento del pigmento con agua y lejía para obtener una mejor calidad³⁹ [27] y en el Manuscrito de Padua (S. XVI-XVII) existen dos referencias para refinar el bermellón, bien cociéndolo con vinagre y alumbre de roca⁴⁰ o mezclándolo con orina (para miniaturas)⁴¹ [57].

C.L. Eastlake, aporta un método para purificar el bermellón: primeramente era molido en seco y posteriormente con agua, a continuación se colocaba sobre cenizas calientes hasta que la humedad desaparecía, tras lo cual se colocaba en un cuerno de cristal y se echaba lejía, agitando y lavando después; el proceso se repetía hasta que el pigmento estaba purificado [55].

Cinabrio

Realmente es fácil obtener el pigmento a partir del cinabrio. Según A.P. Laurie, simplemente moliendo el mineral se obtiene un bello color rojo, con el mismo brillo que el artificial aunque de un tono ligeramente más anaranjado [64]. El procedimiento, lógicamente, fue conocido desde los primeros momentos de la utilización del mineral con fines ornamentales o artísticos.

Debido a que ya en el S. VIII se conocía el método de obtener sintéticamente el pigmento y que a partir del S. XII esta práctica se generaliza, no existen referencias de la preparación del pigmento natural en la literatura medieval, salvo muy pocas excepciones. En la mayoría de los textos se recogen recetas para la fabricación de bermellón, por lo que las únicas fuentes documentales para estudiar la preparación del cinabrio natural se remontan a la época clásica griega y romana.

La primera referencia que muestra la preparación del cinabrio se encuentra en el texto de Teofrasto. Como ya se ha comentado, este autor hace alusión a dos clases de cinabrio. A la primera denomina natural y no especifica ningún método especial para su elaboración, la segunda es referida como "artificial"⁴². Esta segunda variedad, más impura, se presentaba en forma de arena y la obtención del cinabrio es detallada por Teofrasto,

quien refiere erróneamente como una manufactura lo que realmente fue un modo de purificar el mineral. En todo caso, el proceso descrito por Teofrasto constituye la primera referencia en cuanto a la descripción de un método para eliminar las impurezas asociadas a un mineral, por lo que, como apuntan E.R. Caley y J.F.C. Richards, la cita es de un gran interés histórico [13].

El método se basa en sucesivas moliendas y lavados; tras cada lavado, las impurezas eran separadas del mineral puro. E.R. Caley y J.F.C. Richards explican el proceso, indicando cómo la distinta densidad de las partículas se aprovechaba para efectuar la selección. Cuando el mineral molido se lavaba, las partículas del producto puro se decantaban más rápidamente que las impurezas y éstas se eliminaban cuidadosamente junto con el agua del lavado antes de que cayesen al fondo, por lo que el proceso requería habilidad y rapidez⁴³. El mineral sedimentado que permanecía en el fondo era nuevamente molido y lavado.

El primer método completo para obtener el pigmento fue aportado tres siglos después por Vitruvio: mediante las operaciones sucesivas de molienda, lavado y calentamiento se eliminaban tanto las impurezas como el contenido de mercurio, con lo que se conseguía un polvo fino de un bello color rojo⁴⁴.

³⁸ Es posible que algunas de las recetas de purificación o refinado medievales se refieran al producto natural, incluso que el proceso sea similar, con independencia del origen del pigmento. Es difícil determinar este punto con exactitud, ya que en esa época se utilizaron indistintamente ambos términos. Además, es lógico pensar que, una vez obtenido el pigmento, el proceso de purificación era similar, tanto si se había partido del producto natural, como si se había obtenido sintéticamente; en ambos casos se pretendía eliminar las impurezas que permanecían mezcladas con el pigmento

³⁹ ... Toma la cantidad que desees de cinabrio, y muélelo en seco en un pórfido de mármol hasta tener un polvo fino, y después muélelo con agua clara, o con lejía, basta que el polvo sea muy fino y casi impalpable; déjalo secar sobre el mármol y ponlo en un cuerno, y lávalo muy bien con agua clara y lejía fuerte hasta que esté muy limpio, y después lávalo otra vez con agua fresca hasta que creas que la lejía esté bien eliminada; entonces déjale secar casi del todo y lávalo otra vez con agua caliente y deja que sedimente, y cuando esté casi seco añade algo de clara de buevo preparada con azafrán y con ramas de higuera madura, y hazlo suficientemente líquido para que fluya bien en la pluma mientras escribas...

⁴⁰ "... hazlo coceoz con vinagre y alumbre de roca..."

⁴¹ ... Muele el bermellón en un pórfido con agua clara, y dejalo secar; entonces ponlo en un vaso de cristal con orina, mezclando las dos sustancias bien; deja sedimentar, basta que el cinabrio caiga al fondo, y vacía el líquido suavemente. Entonces añade más orina, mezclando como antes, y continúa así durante cuatro o cinco días, mañana y noche, basta que el cinabrio esté bien purificado. Entonces toma clara de buevo bien batida con un pequeño palo de madera seca, ponla sobre el cinabrio una cantidad de un dedo, mezclalo todo bien; deja caer el cinabrio al fondo, y lávalo como antes durante dos o tres días, basta que el olor se elimine...

⁴² En apartados anteriores ya se ha visto cómo realmente se trataba del mismo producto, aunque aparentemente su aspecto no fuera el mismo, por proceder de distinto lugar.

⁴³ Teofrasto anota la importancia que tenía en este proceso la habilidad del operario; así, a partir de una misma cantidad de material en bruto, no todas las personas podían conseguir extraer la misma proporción de cinabrio libre de impurezas.

⁴⁴ ... Cuando los trozos están secos, se muelen en morteros de hierro y se lavan y calientan repetidamente hasta que las impurezas se eliminen, y los colores aparezcan. Cuando el cinabrio pierde el azogue, y así pierde las virtudes naturales que previamente tuvo, se vuelve de una calidad blanda y delicada.

Algo más tarde, Plinio explica dos métodos para la obtención de lo que denomina *minium*. La revisión de estas dos recetas constituye el factor principal para concluir que el *minium* de Plinio se trataba realmente de dos clases de sustancias. Así, reconoce acertadamente el verdadero cinabrio, tal y como se deduce de uno de los procesos que detalla⁴⁵. La segunda clase, a la que denomina *secundarium minium*, se trata realmente rojo de plomo, el actual minio; así lo identifica K.C. Bailey, basándose fundamentalmente en la receta de Plinio (que corresponde a la obtención de minio a partir de la cerusa natural)⁴⁶ [11].

En la literatura medieval occidental, como se ha indicado, prácticamente son inexistentes referencias sobre la preparación del producto natural. En Oriente, en cambio, parece que fue más habitual la práctica y así se constata, por ejemplo, en el tratado chino del S. XVII *T'ien-Kung K'ai-Wu*, escrito por Sun Ying-Hsing, que recoge con ilustraciones la preparación del pigmento y de mercurio, a partir del mineral nativo [65].

Bermellón - Vía seca

Como ya se adelantó, no parece conocerse con exactitud cuando comienza a producirse sintéticamente bermellón. Casi con seguridad el proceso fue inventado en China, donde se descubrió, a principios de la Era Cristiana, la manera de combinar los elementos mercurio y azufre y calentarlo hasta que en la

mezcla se producía la sublimación, para conseguir así el pigmento sintético. Desde aquel país fue traído a Occidente probablemente por los árabes [65]. El método chino –conocido como “vía seca” o proceso de sublimación– es el más antiguo y constituyó hasta finales del S. XVII el único modo de obtención sintética del pigmento. El bermellón elaborado en aquel país produce una de las mejoras calidades del pigmento y el proceso de su manufactura fue celosamente protegido, guardado por ciertas familias que transmitían el método de padres a hijos [40].

El Manuscrito de Lucca (S. VIII) aporta las primeras recetas para la preparación del pigmento en occidente [64, 67]⁴⁷. El texto aparece incompleto, aunque se conservan las partes esenciales para su interpretación [25]. La primera receta se recoge en el capítulo titulado “Operatio Cinnabarim”, y en ella se describe la obtención del producto mezclando dos partes de mercurio con una de azufre, y calentando lentamente en una redoma. La segunda está incluida en el capítulo “De Compositio Cinnabarim” y, aunque también incompleta, recoge con gran detalle la operación. Las bases generales para la fabricación del bermellón se establecen a partir del contenido de este texto. Las recetas que posteriormente se aportan siguen el modelo de Lucca, variando, en todo caso, las proporciones de los dos elementos. Según indica D.V. Thom-

pson Jr., las matizaciones que pueden encontrarse en los textos posteriores no contienen un interés técnico específico; únicamente son datos que facilitan la posibilidad de seguir los cauces de divulgación de las recetas, ya que las sucesivas copias de una determinada receta abren una posible vía de transmisión que indica la forma en que el conocimiento se extendió [25].

En el *Mappae Clavicula* (S. XII), existen tres recetas para la fabricación del bermellón [21, 22]. Las dos primeras se recogen tanto en el manuscrito transcrito por Sir Thomas Phillipps (publicado en 1846), como en el estudio sobre el tratado realizado por C.S. Smith y J. G. Hawthorne en 1974. La tercera aparece únicamente en esta última edición.

La primera receta –encabezada únicamente como *De Vermiculo*– utiliza una parte de mercurio por cada dos de azufre (1:2), mezclados en un recipiente tapado cubierto con arcilla⁴⁸ [21]. En la segunda receta (número CV) la proporción de los elementos se invierte, mezclando dos partes de mercurio por una de azufre (2:1)⁴⁹ [21]. La tercera receta que figura en el *Mappae Clavicula* únicamente consta, como ya se ha dicho, en la edición de C.S. Smith y J.G. Hawthorne (con el número 221-C). Se utiliza un horno de vidrio para calentar y repite la proporción de dos partes de mercurio por una de azufre (2:1) y añade la singularidad de mezclar orina⁵⁰ [22].

El Monje Teófilo (S. XI-XII) tam-

⁴⁵ ... es molido, lavado y se deja reposar, y el sedimento otra vez lavado. Hay diferentes procesos, otros encuentran que es un color demasiado frágil y lo lavan una segunda vez para obtener un producto superior.

⁴⁶ ... Hay una segunda clase en casi todas las minas de plata y plomo y se prepara tostanto ciertas rocas que están mezcladas con la principal veta del mineral -no las que exudan lo que llamamos azogue, y de las que al tostar se obtiene éste sino otras que se encuentran a la vez. Estas no contienen azogue y se reconocen sólo por su color plomizo, y no se vuelven rojas hasta que se calientan en borno, después se muelen.

⁴⁷ Consúltense nota núm. 22 sobre el posible conocimiento del método por Plinio.

⁴⁸ ... Si deseas hacer bermellón, toma una redoma de cristal y cubre el exterior con arcilla. Entonces toma una parte por peso de mercurio y dos de azufre blanco o amarillo y deja la redoma sobre tres o cuatro piedras. Rodea la redoma con fuego de carbón, pero muy lentamente, y entonces cubrela con una pequeña losa. Cuando veas que el fuego que sale del orificio de la redoma es de color pajizo, tapala; cuando sea amarillo, tápala otra vez; y cuando veas que sale el humo rojo, como bermellón, quitalo del fuego y tendrán un excelente bermellón en la redoma.

⁴⁹ En esta ocasión, el método es prácticamente el mismo que el descrito en el capítulo “Operatio Cinnabarim” del Manuscrito de Lucca Thompson: Toma dos partes de mercurio limpio y una parte de azufre natural, y ponlos en una redoma, y cocinándolos sin humo y sobre un fuego lento, haz bermellón. Lávalo correctamente.

⁵⁰ ... Una receta para verdadero y limpio bermellón. Toma dos partes de mercurio y una parte de azufre nativo, y una parte de orina limpia. Toma una redoma fuerte muy limpia que resista el calor. Pon en la redoma el azufre, molido y mezclado con el mercurio, casi dos onzas; pero si la redoma es larga, deberá ser casi tres onzas. Mezcla y agita. Ten listo un pequeño borno de vidrio, en el que pueda calentarse la redoma, dejando un lugar para que pueda entrar. Enciende el borno, deja otra ventana apertura, para que las llamas se aviven alrededor de la redoma. La señal de la completa cocción es ésta: cuando veas que la redoma tiene humo menos purpurino y se haga un color como el cinabrio, deja de añadir combustible, por la redoma saldrá un estruendoso ruido debido al gran calor. Cuando esté completamente cocido deja enfriar.

bién dedica el Capítulo 34 a la descripción de la preparación del producto sintético. Teófilo detalla un único método, en el que utiliza un recipiente cubierto con arcilla. La proporción de mercurio-azufre es la misma que en el Manuscrito de Lucca y en las dos últimas recetas del *Mappae Clavicula* (2:1). Además, repite en parte el procedimiento de la última receta del *Mappae* (indica también la aparición de un llamativo estruendo cuando se juntan ambos elementos)⁵¹ [23].

Sin embargo, a pesar de su descubrimiento en el S. VIII, hasta pasado el S. XII las recetas no proliferan. Paralelamente, el pigmento se pudo ir adquiriendo cada vez más fácilmente en tiendas, por lo que los maestros perdieron en parte el interés por conocer su fabricación⁵². Ya se ha indicado cómo C. Cennini, que conocía el color hecho con alquimia, aconseja comprarlo ya hecho [8].

En el Manuscrito de S. P. Audemar (S. XIII-XIV) se encuentran dos recetas para preparar bermellón, ambas muy similares y muy parecidas, asimismo, a la primera receta del *Mappae Clavicula*⁵³ [52]. El Manuscrito Boloñés (S. XV) aporta varios métodos para obtener el pigmento; el texto, uno de las fuentes más importantes de ese siglo, tanto por su amplitud como por su contenido, detalla claramente los distintos sistemas para su fabricación. En la primera se siguen básicamente las pautas marcadas con anterioridad y utiliza dos partes de mercurio y una de azufre (2:1)⁵⁴. Las dos siguientes son muy similares a las recogidas casi dos siglos antes por Audemar; la proporción se mantiene en ambas y la única diferencia apreciable es el empleo de horno en la primera⁵⁵ y fuego de carbón en la segunda⁵⁶ [27]. En otro momento utiliza el término *azurrum*⁵⁷, aunque se trata clara-

mente de un receta para fabricar el bermellón⁵⁸. Es de resaltar curiosa receta que incluye el texto, se trata de un método para hacer bermellón rápidamente (“A fare cinabrio brevemente”), en la que utiliza plomo, añadido a los dos ingredientes habituales⁵⁹. La última utiliza una parte de mercurio por dos de azufre (1:2) y también se vuelve a emplear horno en lugar de fuego directo⁶⁰.

Tras la revisión del Manuscrito Boloñés, se puede constatar el gran dominio de las técnicas para obtener el pigmento artificial. Como se ha visto en las recetas que el texto recoge, a partir de unas bases comunes establecidas para todas ellas, las diferentes matizaciones y los pequeños cambios que se incorporan hacen suponer que en aquel momento la preparación del bermellón constituía un hecho habitual y una técnica bien conocida y totalmente experimentada; un proceso, en fin, que no

⁵¹ ... Si quieres hacer bermellón, toma azufre (del que hay tres clases: blanco, negro y amarillo), muelelo en una piedra y añade dos partes iguales, en peso, de mercurio. Cuando lo bayas mezclado cuidadosamente, ponlo en un vaso de cristal. Cúbrela con arcilla por completo, tapa la boca para que no puedan escapar los vapores, y ponlo cerca del fuego a secar. Entonces entiérralo en carbón ardiendo y tan pronto como empieza a calentarse, oírás un estruendo dentro, al juntarse el mercurio con el azufre caliente. Cuando el ruido cese, retira inmediatamente el vaso, ábrelo y saca el pigmento.

⁵² Según refiere F. Olmeda, a principios del S. XVI (25 de Agosto de 1523), un tal Francesco Negro, apodado *da i Cenabrij*, obtuvo el permiso de los “Encargados de la Sanidad”, para levantar una fábrica de bermellón en Marghera [8].

⁵³ Audemar recoge en su texto parte del contenido del *Mappae Clavicula*.

⁵⁴ ... Toma dos partes de mercurio, una parte de azufre; primero disuelve el azufre, entonces añade el mercurio, mézclalos bien, y redúcelos a polvo, y entonces pon el polvo en una redoma tapándola con “lutum sapientæ” hasta el cuello. Coloca la redoma sobre cenizas hasta que toda la humedad desaparezca; cierra la boca de la redoma con algodón, y ponlo a fuego moderado hasta que la materia ascienda hasta el cuello de la redoma y sea muy rojo; entonces quítala del fuego, déjala enfriar y estará hecho. El término latín “lutum sapientæ” se trataba, según explica M.P. Merrifield al anotar el manuscrito, de una mezcla de clara de huevo batida a punto de nieve y limaduras de hierro. Para sellar el recipiente se aplicaba una primera capa y, cuando estaba seca, se añadía una segunda encima, así hasta tres o cuatro veces.

⁵⁵ ... Toma una parte de mercurio y dos de azufre, limpio, amarillo y bien molido; ponlo todo en un bote y cubrelo ligeramente con como “lutum sapientæ”; entonces ponlo en el horno, y dale al principio un fuego suave; cubre la boca de la botella con una losa, y cuando veas un humo amarillo, déjalo en el fuego hasta que veas salir el humo rojo o escarlata; entonces quítalo del fuego, y cuando esté frío encontrarás un fino bermellón.

⁵⁶ ... Toma un jarro de cristal cubierto con “lutum sapientæ” hasta el cuello, entonces toma dos partes de azufre blanco bien molido y una parte de mercurio; después ponlos en la redoma; haz un pequeño fuego de carbón, y coloca cuatro piedras alrededor; pon la redoma encima y cúbrela con una losa. Destápalo frecuentemente; y cuando veas un humo azul salir, cúbrela hasta que veas un humo rojo, entonces quítalo del fuego, porque está hecho.

⁵⁷ La utilización del término *azurrum* para bermellón ya ha sido discutido en apartados anteriores.

⁵⁸ En este caso mezcla cuatro partes de mercurio con una de azufre (4:1), en una combinación poco habitual; además añade a la mezcla sal amoniacal, hecho inusual en otras recetas: ... Para hacer ‘azurrum’ artificialmente.- Toma cuatro partes de piedra comprada de ultramar, que se llama mercurio, y debe ser sublimada por el método normal, es decir, calentado en una placa durante un considerable espacio de tiempo, para que pueda reducirse a polvo, entonces toma dos partes de sal amoniacal, y una parte de azufre, muele cada una de ellas bien, entonces mézclalas todas juntas y ponlas en un vaso de vidrio, cubre el vaso con “lutum sapientæ” y déjalo secar. Entonces pon el vaso en el horno, y dale fuego moderado, y cuando veas el humo blanco salir por la boca del vaso, no hagas más fuego, y cuando se enfríe rompe el vaso cuidadosamente y encontrarás un buen ‘azurro’.

⁵⁹ ... Toma una libra de plomo, media libra de mercurio y cuatro partes de azufre amarillo, muele todas estas cosas juntas, y ponlas en un jarro de barro al fuego durante 14 horas, y estará hecho.

⁶⁰ ... Toma mercurio, y dos partes de azufre blanco o amarillo, incorpora el azufre bien molido con el mercurio, y ponlos en un bote bien enlodado con barro, y déjalo secar. Entonces ponlo en el horno y dale fuego suave, y cubre el vaso con una losa, destapa frecuentemente, y cuando veas un humo amarillo salir está casi hecho, déjalo reposar y aviva el fuego hasta que el humo sea rojo, casi púrpura. Entonces apaga el fuego y deja la botella enfriar, y tendrás un fino bermellón.

encerraba ningún secreto para las gentes del *Quattrocento*.

En el texto de G. Agricola (S. XVI), *De Re Metallica*, se detallan muy ampliamente y con distintas ilustraciones, diferentes procedimientos para la obtención y purificación de mercurio [67]. Todos estos métodos se basan en la sublimación del material, por lo que tanto el proceso como el equipamiento son similares a los que se utilizan en los distintos textos medievales para fabricar bermellón⁶¹. En las ilustraciones que G. Agricola incluye en el texto se muestran muy claramente los utensilios que se utilizaban, desde la forma de las vasijas y cómo se tapaban, hasta la manera de hacer el fuego con troncos o la estructura de los hornos.

En la primera parte del S. XVII empieza a ser creciente el interés por la fabricación del bermellón, hecho debido en parte, como ya se ha comentado, a las frecuentes adulteraciones que presentaba el producto. Los conocimientos técnicos en éste momento son mucho más precisos y la manufactura y comercio del pigmento se establecen firmemente en Europa. En el Manuscrito de Bruselas (1636), P. Le Brun anota la que cons-

tituye, posiblemente, la primera referencia respecto a la sublimación, como un proceso físico por el que se obtiene el producto (azufre y mercurio, molidos juntos y cocidos en horno hasta que la mezcla era sublimada)⁶².

En esa época el producto era manufacturado en Amsterdam (Holanda) y allí se monopolizaban prácticamente todas exportaciones al resto de Europa [6]. En ese país se producía un bermellón de gran calidad, mediante el proceso de sublimación o “vía seca” ya conocido. En la modificación holandesa del método, se mezclaban en un cuenco de hierro cien partes en peso de mercurio, junto con veinte partes de azufre fundido. Una vez agitado, se forma un compuesto negruzco de sulfuro de mercurio amorfo, que es llamado a veces “mineral etiope”, “mohr” o “moor”. Esta masa negra era pulverizada y cargada en retortas de barro o cilindros de hierro, donde se calentaba hasta el punto de sublimación (alrededor de 580°C), tras lo cual se convierte en la modificación cristalina roja de sulfuro de mercurio. Posteriormente el producto se trataba con soluciones fuertes de álcalis para eliminar restos de azufre libre,

se lavaba y molía con agua para su preparación como pigmento. La transformación desde la forma amorfa negra a bermellón rojo es un proceso únicamente físico [6, 40].

El tratadista portugués F. Nunez explica cómo el bermellón, aunque es una piedra encontrada en las minas, puede hacerse artificialmente con azufre, mercurio y fuego de forma sencilla⁶³. A su vez, A. Palomino (que también conocía ambas clases) incluye en su tratado algunas recetas de pigmentos, entre ellas la de bermellón⁶⁴.

A.F.E. Van Schendel transcribe y traduce en un curioso trabajo varias recetas de la manufactura del pigmento en Amsterdam durante el S. XVII, a partir de un manuscrito inédito encontrado en el Archivo Municipal de esa ciudad [58]. En la *Hermeneia* (S. XVIII), Dionysius di Fournia recoge una receta para su obtención, en la que añade a la mezcla de azufre y mercurio potasa cáustica, lo que constituye posiblemente la primera referencia sobre la adición de esta sustancia, que posteriormente será frecuente⁶⁵. W. Mann, a su vez, recoge la descripción de varios procedimientos para la

⁶¹ Incluso R.D. Harley utiliza una de estas ilustraciones en el apartado que dedica al bermellón para indicar cómo se hacía el pigmento en el S. XVI. La leyenda del pie de foto recoge “Manufactura del bermellón en el siglo XVI. Las vasijas que contienen sulfuro de mercurio negro son cargadas en fuegos abiertos, con troncos colocados encima. El contenido de las vasijas se sublima y condensa en la forma roja de sulfuro de mercurio (Agricola, *De Re Metallica*, 1556)”. El contenido de los recipientes, según R.D. Harley, es sulfuro de mercurio negro, obtenido por mezcla de azufre fundido con mercurio, que será sublimado con el calor. En cambio, en el texto de G. Agricola, se explica claramente que se trata de mercurio metálico tomado de vetas, que será purificado por un procedimiento también de sublimación [12].

⁶² ... *Le sinabre ou vermillon est composé de soulfre et mercure broyé sur le porpbir, puis bruslé au fourneau à sublimer.*

⁶³ ... *También, puedo hacerlo artificialmente con azufre, mercurio y fuego. Para ello, toma un tarro nuevo y pon a partes iguales azufre y mercurio, y tápalo muy bien para que los vapores no escapen. Entonces colócalo en el fuego durante cinco o seis horas hasta que las sustancias se incorporen la una en la otra.*

⁶⁴ ... *se tomará una libra de azufre, y quebrantando en menudos pedazos, se echará en una cazuela nueva cidriada, la cual se pondrá a lumbre mansa, meneándolo con un palito, hasta que todo esté bien derretido; y entonces se le ha de ir echando poco a poco con un papelito encañonado, hasta media libra de azogue, sin cesar de menearlo, hasta que todo esté muy igualmente incorporado ... y estando todo bien incorporado, apartarlo de la lumbre y dejarlo enfriar; lo cual queda hecho una pasta muy dura, y será menester quebrar la cazuela para sacarlo. Hecho esto, se molerá la pasta, lo que baste, para poderla introducir en una redoma capaz para su cantidad, y después se ha de embarrar toda con barro ... y en la boca se le ha de poner una espita de hierro ... y en el medio ha de tener un agujerito del tamaño de una lenteja ... se pondrá la redoma entre cenizas con poco rescoldo, de suerte, que esté cubierta hasta el cuello, y después se le dará fuego de llama a las cenizas, pero lento; y se verá, que comienza primero a salir por el agujerito una virgulita de humo negro, después blanco, el tercero amarillo, y el cuarto rojo; y en viendo esta señal, apartar de presto el fuego y después la ceniza y dejar enfriar; y en estándolo, quebrarla, y se hallará el bermellón perfectísimo.*

⁶⁵ ... *Toma 100 dracma (12,5 onzas) de mercurio y 25 dracmas (aprox. 3 onzas) de azufre y ocho dracmas de mourtasangki; muele el azufre y el mourtasangki en una losa de marmol, hasta polvo fino, manteniéndolos separados. Pon las tres sustancias en vasos separados sobre el fuego de ascuas ardientes de madera de roble, ten lista una vara fina de hierro con la que moverás hasta que se derritan; entonces mézclalos con el mercurio hasta que se haga una mezcla, moviendo con la vara de hierro hasta que se vuelva negro. Entonces pon la mezcla sobre una losa limpia y deja enfriar, entonces muélelo otra vez como biciste al principio, y ten preparado un souragi, es decir un cántaro con cuello largo, pon el polvo y cúbrelo, moviendo con la vara de hierro hasta que veas la vara blanquear. Entonces sella el cántaro cuidadosamente y entiérrala en las ascuas hasta la altura donde está llena, es decir hasta el cuello, y aviva el fuego, déjalo un día y una noche. Entonces rompe el vaso y obtendrás un buen bermellón.* Según nota del traductor, posiblemente *mourtasangki* se refiere a una solución de potasa cáustica.

obtención del pigmento [68]. J.J. Blanksma realiza una revisión de algunas recetas en Holanda de los siglos XIX y XX [69].

En China su fabricación no ha sufrido interrupciones a lo largo de la Historia y en la actualidad de manufactura por esta vía. El bermellón fabricado en este país es químicamente casi puro, ya que contiene menos de uno por mil (1‰) de cenizas neutras inocuas [51]. En el tratado del S. XVII *T'ien-Kung K'ai-Wu*, escrito por Sun Ying-Hsing, se muestra con ilustraciones la fabricación del bermellón por el proceso de sublimación, junto con la preparación del cinabrio a partir del mineral nativo [65]. En el S. XIX parece que fue utilizado este proceso en Hong Kong, según recogen R.J. Gettens y col., a partir de una reseña en una revista química británica⁶⁶ [6]. Respecto a su fabricación actual, R.J. Gettens, relata una experiencia propia durante una visita que realiza a Hong Kong en 1970, donde compró en una pequeña tienda de pintura una muestra de bermellón que, según indicó el propietario, se había realizado por el proceso seco en una ciudad llamada Shatin, hecho que el propio R.J. Gettens pudo comprobar tras diversos análisis practicados a una muestra del producto [6].

El método de sublimación está hoy día prácticamente en desuso en Occidente, reemplazado casi por completo por el proceso húmedo. No obstante, A. H. Church, a principios del actual siglo, detalla dos métodos de sublimación, en los que básicamente se repite el procedimiento habitual [7]: a partir de 42 partes de mercurio metálico y 8 de azufre fundido, que son mezcladas en tambores giratorios, se obtiene el sulfuro de mercurio negro en polvo; la sublimación se realiza en cilindros de hierro cubiertos por tapaderas que están conectadas con unos recipientes. Según el autor, el mejor producto es el que se condensa en la parte superior de la retorta, mientras que el resto del material sublimado, que se encuentra en los recipientes conectados en el exterior, es de inferior calidad debido a su contenido de azufre libre. Los trozos seleccionados

son lavados y calentados con una solución de potasa cáustica o ácido nítrico, tras lo cual se vuelven a lavar con agua hervida.

En otro método aportado por el mismo autor, el mercurio metálico se añade gradualmente al azufre fundido en una cubeta de hierro [7]. Cuando la combinación de ambos elementos está completa, la masa negra formada se rompe en fragmentos y se calienta hasta que el exceso de azufre se elimine. Posteriormente se procede a la sublimación de modo análogo al anterior. A.H. Church indica que algunos fabricantes añaden al azufre crudo, antes del proceso de sublimación, una pequeña cantidad (1%) de sulfuro de antimonio (Sb_2S_3), con el objeto de mejorar el color del producto.

Bermellón - Vía húmeda

La obtención del bermellón por la llamada vía húmeda constituye, como se ha señalado, una técnica mucho más moderna que la de sublimación. El nuevo sistema, conocido como método alemán, fue introducido por G. Schulz en 1687 en Alemania; desde entonces ha ido lentamente desplazando a la antigua vía en seco, hasta monopolizar el mercado occidental. G. Schulz descubrió que el sulfuro de mercurio negro, o "mineral etiope" podía convertirse en bermellón rojo por calentamiento en una solución de sulfuro de amoníaco o de potasio [6].

Existen numerosas variantes del proceso para preparar el bermellón por vía húmeda. En el método original, de acuerdo a J.G. Bearn, 300 partes de mercurio se muelen con 68 libras de azufre; al final de la operación se añade una pequeña cantidad de potasa cáustica para completar la transformación de la mezcla en el sulfuro de mercurio negro. Luego se calienta con una solución de potasa cáustica, removiendo constantemente. Después de algún tiempo la forma negra gradualmente se transforma en marrón y, finalmente, en rojo brillante. La temperatura no debe exceder de 50°C, para evitar alterar el color [40].

A.H. Church aporta varios métodos para su fabricación [7]. Uno de

los mejores consiste en moler en agua 100 partes de mercurio y 38 partes de azufre hasta su combinación. El producto negro formado se tritura, y añade a una solución de 25 partes de potasa cáustica en 150 partes de agua. La mezcla se mantiene a 45°C durante bastantes horas. Cuando el producto alcanza su "mayor rojez y hermosura", se lava con agua y posteriormente es decantado. Un segundo método consiste en cocer durante tres o cuatro horas mercurio, azufre y pentasulfuro de potasio (KS_5); la mezcla se mantiene a una temperatura de 50°C durante varios días, y el residuo sólido es tratado con una solución concentrada de potasa cáustica hasta que aparezca el brillante color rojo característico del bermellón. También es posible obtener bermellón a partir de una mezcla de cloruro mercuríco (Hg_2Cl_2) (calomel) y sulfato de zinc ($ZnSO_4$), y calentando a 45-50°C con una solución de tiosulfato sódico en exceso ($Na_2S_2O_3$).

El procedimiento húmedo es más fácil y menos costoso que el proceso en seco de sublimación, por lo que en la actualidad se ha convertido en el sistema de producción de bermellón [70]. El producto obtenido por la vía húmeda presenta, además, un grano mucho más fino que el fabricado por sublimación.

Permanencia y compatibilidades

Las buenas cualidades del bermellón como pigmento, así como su magnífica estabilidad, han sido sobradamente demostradas, a través de su permanencia y buena conservación en la mayoría de las obras antiguas donde fue aplicado. Parece que el mineral proporciona un pigmento más estable que los artificiales; dentro de éstos, el obtenido por la vía húmeda es el más alterable [7].

Ya han sido comentadas las variaciones de tono que se pueden observar en el pigmento según el tipo de molienda que se haya practicado. El tamaño más o menos fino del grano también incide directamente en su permanencia. Así lo establece A.H. Church, al indicar que

⁶⁶ La reseña aparece en *Journal of the Society of Chemical Industry*, 95 (1882), bajo el título 'Chinese Method of Manufacturing Vermilion'.

la finura del grano disminuye las propiedades de estabilidad del pigmento; así un bermellón anaranjado, obtenido tras una minuciosa molienda, presenta peores propiedades de permanencia que el mismo pigmento en su tonalidad escarlata, producto de una molturación más tosca [7]. A su vez, M. Doerner, establece que, probablemente, el grano bastante grueso del pigmento antiguo, habrá contribuido en gran medida a su buena conservación [71].

Asimismo, tras la observación de numerosos ejemplos, ha podido ser constada su estabilidad en contacto con otros pigmentos; en todos los casos, ha demostrado ser totalmente compatible y no reactivo [6]. Así, por ejemplo, una propiedad química característica de los sulfuros es que reaccionan con compuestos de plomo, formando sulfuro de plomo negro. Sin embargo, desde los primeros momentos de su empleo, el bermellón ha sido uno de los pigmentos habitualmente utilizados para carnaciones, donde era mezclado prácticamente en todos los casos con bastante cantidad de blanco de plomo; estas combinaciones han permanecido estables durante siglos, tal y como fueron aplicadas en su origen [72].

A este respecto, R.J. Gettens y F.W. Sterner, en un trabajo sobre la compatibilidad de pigmentos, incluyen algunos de los experimentos realizados por el investigador alemán A. Eibner, en los que utilizaba mezclas de blanco de plomo con pigmentos a base de sulfuro, entre ellos el bermellón. Las combinaciones se hacían con los pigmentos en polvo sin aglutinante, y el oscurecimiento sólo ocurría cuando –bien el blanco de plomo o bien los pigmentos de sulfuro– no estaban en estado puro [72, 73]. El oscurecimiento de los estratos en que aparecen mezclados blanco de plomo con bermellón, puede ser causado por una transformación de éste último a la forma negra del compuesto y no por una combinación química del plomo con el azufre para formar sulfuro de plomo negro [72].

Según establece A.P. Laurie, el bermellón fabricado en Inglaterra –al menos hasta las primeras décadas del pasado siglo–, contenía residuos de sulfuro alcalino, que favorecen la formación de sulfuro de plomo negro en contacto con compuestos de este metal. Por este motivo, no fue aconsejable la mezcla del bermellón inglés con blanco de plomo, con las consiguientes limitaciones que ello supone. El fabricado en China, como se ha visto, es químicamente casi puro, por lo que es el más apto para su combinación con el albayalde [51].

Las frecuentes adulteraciones a las que fue sometido el bermellón también deben ser tenidas en consideración al evaluar la estabilidad del pigmento. Así, la adición de rojo de plomo o cal pueden afectar a su permanencia, y el comportamiento de las zonas donde se aplicó este tipo de bermellón, no sería igual que aquéllas en las que se ha utilizado el producto puro. A.H. Church anota la adulteración del bermellón con minio como el posible motivo por el cual algunas zonas de códices iluminados pintadas con este pigmento presentan un tono plumizo⁶⁷ [7].

Mezclado con óleo parece tener ciertos inconvenientes, derivados de su lento proceso de secado, aunque, como a continuación se verá, los aceites actúan como protectores de otro tipo de alteraciones. Por otro lado, debido a la gran densidad que presenta tiende a separar sus partículas del aceite con el que ha sido mezclado. A.H. Church anota este efecto, recomendando la adición de una pequeña cantidad de linoleato u oleato de aluminio. Este mismo autor indica una mezcla idónea para paliar los posibles inconvenientes que se presentan, consistente en añadir menos de un 20% de aceite al pigmento en polvo [7].

R.D. Harley anota una cita del tratadista T. de Mayerne (1573-1655) sobre las consecuencias del uso del bermellón en óleo, debido tanto a su secado lento, como a ciertos cambios que puede producir en otros colores, aunque no explica los moti-

vos de tal afirmación⁶⁸ [12]. La cita del tratadista parece un hecho aislado y el propio R.D. Harley aporta varias referencias de autores que incluyen habitualmente el bermellón en las listas de colores para óleo. F. Rasti y G. Scott han realizado un reciente estudio sobre el efecto del bermellón en estratos grasos; según estos autores, este pigmento acelera el proceso de foto-oxidación del aceite [75].

Pese a todo ello, el bermellón ha figurado entre los colores para técnicas grasas desde que éstas comenzaron a ser utilizadas por los artistas, y son muchas las fuentes y tratados que recogen su empleo. Sirvan de ejemplo el Tratado de Estrasburgo, o los escritos de los tratadistas españoles más destacados, F. Pacheco, A. Palomino o J. García Hidalgo⁶⁹.

Tanto el bermellón como el cinabrio tienen la inusual propiedad de oscurecer por exposición a la luz. Así, se ha podido constatar en numerosas muestras del mineral expuestas en museos, en las que la capa superficial ha oscurecido ostensiblemente con el paso del tiempo [76]. Los ejemplos más antiguos donde ha podido ser observado este hecho se encuentran en los pigmentos encontrados en algunas esculturas de piedra del S. VI a.C., del Acrópolis Museum de Atenas, donde aparecía, junto con cinabrio natural de color rojo brillante, otro pigmento muy oscuro, que resultó ser una forma alterada del mismo compuesto [13].

El fenómeno constituyó, además, un hecho conocido desde tiempos antiguos. Posiblemente la primera noticia sobre el oscurecimiento de superficies pintadas con este color y expuestas a la luz se remonta al tiempo de la Roma Clásica, donde por este motivo únicamente era utilizado en lugares a salvo de la luz directa del sol. Vitruvio anota esta recomendación y refiere un curioso hecho ocurrido al escribano Faberio, quien utilizó cinabrio para pintar paredes exteriores y éstas se volvieron negras en un mes⁷⁰. Para prevenir este efecto el mismo Vitruvio propone un método de protección, para

⁶⁷ La presencia de minio en capas a base de bermellón no supone necesariamente una adulteración, ya se ha visto anteriormente cómo frecuentemente se mezclaba con fines estéticos, incluso en iluminaciones.

⁶⁸ ... *El cinabrio no vale nada al óleo y come los otros colores...* [74].

⁶⁹ Este punto ha sido recogido más detalladamente en el apartado dedicado a la revisión histórica del empleo del pigmento.

lo cual se cubría la superficie con una película de cera⁷¹ [15].

Su poca estabilidad en contacto con la luz era conocida y resaltada por C. Cennini, quien no aconseja su uso en muro⁷² [8]. Más adelante vuelve a hacer hincapié en esta advertencia, cuando incluye al cinabrio entre los pigmentos prohibidos en fresco, donde es aún más vulnerable al no estar el color protegido ni aislado [8]. A pesar de ello, Teófilo, que anotó distintas indicaciones para su empleo, lo aconsejó con anterioridad para pintura mural [23].

El oscurecimiento del bermellón tiene lugar sobre todo en pinturas realizadas con técnica al fresco, donde los pigmentos están más débilmente protegidos. Ya se ha visto cómo en el S. XIV, C. Cennini anota este efecto. Numerosos autores posteriores vuelven a incidir en esta advertencia, por lo que parece que esta particular característica del pigmento era sobradamente conocida. Este es el caso, como se ha visto de F. Pacheco [[62]; asimismo, P. Lebrun, por ejemplo, aconseja guardarlo tapado⁷³ [53].

A.H. Church también localiza este tipo de alteración en trabajos con acuarela⁷⁴ [7]. Según se puede observar en numerosas obras italianas de los siglos XIII, XIV y XV aplicado al temple, ha permanecido perfectamente y sin alteración durante siglos⁷⁵ [7]. Sin embargo, J. Plester y col. aportan varios casos de oscurecimiento encontrados en pinturas al temple, el más notable en el interior de una iglesia bizantina en Chipre,

donde la luz era bastante tenue; en las zonas donde las pinturas estaban expuestas a la luz se ha producido un oscurecimiento, en contraste con las zonas protegidas en la penumbra, que mantienen el color original. También anota un oscurecimiento en varias áreas rojas de un boceto de Rafael de Sanzio (1483-1520) depositado en el Museo Victoria y Albert, en Londres [77]. D. Gordon y col., a su vez, localizaron un ejemplo en una tabla perteneciente a un retablo de Nardo di Cione, en la National Gallery de Londres [78].

En cambio, cuando se utilizan técnicas grasas, los propios aceites y barnices actúan como filtros protectores frente al efecto de la luz, por lo que en estos casos el pigmento permanece inalterable, considerándose como algo excepcional el oscurecimiento en pinturas al óleo [70]. No obstante, existen testimonios sobre el oscurecimiento de pinturas realizadas con óleo, por ejemplo, en una obra del artista holandés A. Cuyp (1620-1691), aunque en este caso solamente fue afectada una fina capa del estrato superficial [77]. A pesar de estos datos, numerosos ejemplos de pinturas testifican la esencial estabilidad del bermellón, incluso cuando está expuesto a fuentes luminosas relativamente fuertes [79].

Por otro lado, diversos materiales incorporados en las capas a base de bermellón actúan como protectores. El uso tradicional de lacas rojas, bien mezcladas con el pigmento o aplicadas a modo de veladuras sobre los estratos rojos, no

solamente perseguía un efecto cromático, al aumentar la intensidad propia del bermellón, sino que reducía la tendencia a oscurecer⁷⁶ [6].

Durante los años 1910-26, el fenómeno del oscurecimiento del bermellón fue ampliamente investigado por A. Eibner, que estableció las bases principales a partir de las cuales otros autores han continuado la investigación. En este sentido, algunas revisiones posteriores son debidas a S. Liberti en 1950 [80], R.L. Feller en 1967 [48] y V. Daniel en 1987 [76]; todos estos estudios tienen como referencia los resultados obtenidos por el autor alemán.

Sin embargo, hay que señalar la dificultad que supone abordar este estudio, puesto que a escala de laboratorio es difícil reproducir las condiciones en las que tiene lugar el oscurecimiento del pigmento y numerosas muestras-probeta sometidas a la acción de la luz no muestran alteración; por otra parte, el estudio sobre del pigmento en obra real es complicado debido a que normalmente sólo una pequeña cantidad de producto se encuentra alterado y la mayoría de las técnicas analíticas no son lo suficientemente precisas para detectar el proceso [76].

En condiciones normales, el sulfuro mercuríco aparece en dos formas cristalinas, el cinabrio o bermellón rojo (α -HgS) y la forma negra, conocida como *metacinabrita* ó *metacinabrio* (α' -HgS) [2]. Ambas formas se encuentran en la naturaleza, si bien ésta última no fue descubierta hasta el siglo pasado por

⁷⁰ ... aunque mantiene su color perfectamente cuando se aplica en finos enlucidos en estancias cerradas, sin embargo en estancias abiertas, como peristilos o salas de tertulia u otros lugares, donde los brillantes rayos del sol y la luna pueden penetrar, es dañado por contacto con ellos, pierde la fuerza de su color y ennegrece. Como a muchos otros, el secretario Faberius, quien deseaba tener su casa del Aventino acabada con un elegante estilo, aplicó bermellón a todas las paredes del peristilo; pero después de treinta días se volvieron de un color moteado y feo. Por ello tuvo que volver a pintar aplicando otros colores en lugar de bermellón.

⁷¹ ... Si alguien en particular quiere un refinado acabado del bermellón que mantenga su propio color; después de que la pared esté bruñida y seca, aplicará con un pincel una capa de cera púnica derretida al fuego y mezclada con un poco de aceite; después la cera se recaliente, colocando carbones encendidos en una vasija de hierro que se aproxima a la pared quedando igualada; finalmente se iguala restregando con vela de cera y trapos limpios, como se hace en las estatuas de mármol. Este proceso se denomina *ganosis* en Grecia. La protección de la capa de cera previene que la luz de la luna y los rayos del sol alteren y absorban el color de la pintura.

⁷² ... recuerda que su naturaleza no se aviene bien con el aire, y mejor se mantiene en la tabla que en muro; pues, con el paso del tiempo y en contacto con el aire, se ennegrece cuando se aplica en un muro.

⁷³ ... El bermellón puede conservarse largo tiempo si está cubierto, pero cuando se expone al aire, al sol y la luna dañan su belleza, y disminuyen su brillantez y vivacidad.

⁷⁴ Hay que recordar que la acuarela constituye una técnica en la que, como en fresco, el pigmento está muy débilmente aglutinado.

⁷⁵ El autor se refiere expresamente a la variedad natural.

⁷⁶ En el texto de F. Pacheco se puede encontrar una detallada explicación sobre la incorporación de laca roja en los estratos de bermellón y cómo se aplicaba [62].

G.E. Moore [81]. La fase negra puede producirse tras la exposición prolongada de la primera a longitudes de onda entre 400-570 nm aproximadamente, rango en que el cinabrio absorbe luz [2]. Existe una tercera forma, sintetizada en laboratorio, de color rojo intenso (β -HgS) [82] y V. Daniels añade una cuarta forma amorfa negra⁷⁷ [76].

Los mecanismos y las causas por las que se produce la transformación de la forma roja α -HgS en la variedad negra α' -HgS no son bien conocidas y en principio el fenómeno puede parecer caprichoso o aleatorio, ya que, junto con obras afectadas, coexisten otras muchas que mantienen el pigmento intacto en condiciones aparentemente similares. No obstante, parece claro que el cambio es un proceso únicamente físico y puede ser reversible bajo ciertas condiciones [2]. R.L. Feller apunta como una posibilidad para entender el fenómeno el estudio en profundidad de los mecanismos de preparación del pigmento [48]. Según estableció A. Eibner, el bermellón obtenido por la vía húmeda tiene más tendencia a sufrir este tipo de alteración que el fabricado por sublimación [83, 84], debido a que el contenido de impurezas en el proceso de preparación es superior; en base a ello, M Spring y R. Grout han estudiado recientemente la estabilidad de la variedad natural y la sintetizada por vía seca –más puras– a partir del análisis de diferentes micromuestras pictóricas tomadas de obras de las colecciones de la National Gallery y la Courtauld Gallery, todas ellas pertenecientes anteriores a 1687 (fecha de la incorporación del sistema holandés) [85].

Bibliografía

- [1] Hurlbut, C.S. Jr. y Klein, C. (1992): *Manual de Mineralogía de Dana*, 3^a ed. en castellano por J. Aguilar Peris, Editorial Reverté, S.A., Barcelona.
- [2] Gettens, R.J.; Feller, R.L. y Chase, W.T. (1993): 'Vermilion and Cinnabar', en A. Roy, Ed., *Artists' Pigments. A handbook of their History and Characteristics*, Vol. II, National Gallery of Art, Washington, Oxford University Press, Oxford, págs. 183-202.
- [3] Bruquetas Galán, R (2002): *Técnicas y Materiales de la Pintura Española en los Siglos de Oro*, Fundación de Apoyo a la Historia del Arte Hispánico, Madrid.
- [4] Medenbach, O. y Sussieck-Fornefeld, C. (1983): *Minerales*, 1^a edición Mosaik Verlag GmbH (1982), Munich. Versión en Castellano trad. por Federico Strech, Editorial Blume, Barcelona.
- [5] Dud'a, R. y Rejl, L. (1991): *La Gran Enciclopedia de los Minerales*, 1^a edición Artia (1986), Praga. Versión en Castellano trad. por M^a Teresa Lopez, Leopoldo Martín, Javier Susaeta, Virtudes Laguna y Amalia Correa, 3^a ed., Susaeta, S.A., Checoslovaquia.
- [6] Gettens, R.J.; Feller, R.L. y Chase, W.T. (1972): 'Vermilion and Cinnabar', *Studies in Conservation*, 17, págs. 45-69.
- [7] Church, A.H. (1901): *The Chemistry of Paints and Painting*, Seely and Co., Ltd., London.
- [8] Cennini, C. (1988): *El Libro del Arte* (S. XIV), trad. F. Olmeda Latorre, com. y notas F. Brunello, introd. L. Magagnato, Ediciones Akal, S.A., Madrid.
- [9] Báez Aglio, M.I.; San Andrés Moya, M (1999): 'Las lacas rojas de origen natural (I): naturaleza, composición y terminología', *Pátina*, 9, págs. 124-134.
- [10] Schweppe, H. y Roosen-Runge, H. (1986): 'Carmine - Cochineal Carmine and Kermes Carmine', *Artist's Pigments; a handbook of their history and characteristics*, Vol. I, National Gallery of Art and Cambridge University Press, Washington, D.C., págs. 255-283.
- [11] Bailey, K.C., (1929-1932): *The Elder Pliny's Chapters on Chemical Subjects*, from his *Historia Naturalis*, 2 Vols., Edward Arnold and Co., London.
- [12] Harley, R.D. (1982): *Artist's Pigments c. 1600-1835*, 2^a edición, Butterworth Scientific, London.
- [13] Caley, E.R. y Richards, J.F.C. (1956): *On Stones of Theophrastus* (S. IV a.C.), trad. y com., (1^a trad. Sir John Hill, London, 1774), The Ohio State University, Columbus (Ohio).
- [14] Eichholz, D.E. Ed. (1965): *De Lapidibus of Theophrastus* (S. IV a.C.), introd., trad. y com. D. E. Eichholz, Oxford University Press, London.
- [15] Morgan, M.H. (1960): *Vitruvius, The ten Books of Architecture*, (1^a ed. Harvard University Press, Cambridge, 1926), 2^a ed., Dover Publications, INC, New York.
- [16] Oliver Domingo, J.L. (1995): *Los Diez Libros de Arquitectura de Vitruvio*, introd. D. Rodriguez Ruiz, Alianza Editorial, S.A., Madrid.
- [17] Laurie, A.P. (1910): *The materials of the painter's craft in Europe and Egypt. From Earliest times, with some account of their preparation and use*, T.N. Foulis, London.
- [18] Dioscórides, P. (1983): *Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos* (S. I d.C.), (facsimil núm. 1691, ed. de 1566, Salamanca), trad. y notas de A. de Laguna, Ediciones de Arte y Bibliofilia, Madrid.
- [19] Thompson, D.V. (1956): *The Materials and Techniques of Medieval Painting*, Dover Publications, Inc., New York.
- [20] Anónimo (1932): *Compositiones ad tingenda musiva, pelles et alia, ad deaurandum ferrum, ad mineralia, ad chrysographiam, ad glutina, quedam conficienda, aliquae artium documenta, ante annos nonagentos scripta* (S. VIII) ("Manuscrito de Lucca"), Codex Lucensis 490 de la Biblioteca Capitular de Lucca, trad. y anotado en sueco por H. Hedfors, Universidad de Upsala.
- [21] Phillipps, T. (1847): 'Mappae Clavicula. A treatise on the preparation of pigments during the Middle Ages' en *Archaeologia*, 32, págs. 183-244
- [22] Smith, C.S. y Hawthorne, J.G. (1974): *Mappae Clavicula* (S. XII). A little Key to the World of Medieval Techniques, *The American Philosophical Society*, New Series, Vol. 64, pt. 4, págs. 3-122.
- [23] Hawthorne J.G. y Smith, S.C. (1979): "On Divers Arts" of *Theophilus. The Foremost Medieval Treatise on Painting, Glassmaking and Metalwork* (S. XI-XII), Dover Publications, New York.

⁷⁷ Según establece el autor, esta última forma podría ser cristalina y tratarse en realidad de la misma fase negra α' -HgS, con un tamaño de cristal tan pequeño que no puede ser detectado con técnicas cristalográficas.

- [24] Thompson, D.V.Jr. (1954): *The Craftsman's Handbook. "Il Libro dell' Arte" of Cennino d'Andrea Cennini* (S. XIV), (1ª ed. Yale University Press, 1933), Dover Publications, Inc., New York.
- [25] Thompson, D.V. Jr. (1933): 'Artificial Vermilion in the Middle Ages', in *Technical Studies in the Field of the Fine Arts*, 2, págs. 62-71.
- [26] Plenderleith, H.J. (1950): 'The History of Artists' Pigments', in *Science Progress*, 150, London, págs. 246-256.
- [27] Anónimo (1967): 'Secreti per Colori' ('Bolognese Manuscript') (S. XV), en Merrifield, M.P., *Original Treatises on the Arts of Paintings*, 2 vols. (1ª ed. 1849), introd. y glos. de M.S. Alexander, Dover Publications, New York., Vol. II, págs. 325-600.
- [28] Best, M.R. y Brightman, F.H., eds., (1973): *The Book of Secrets of Albertus Magnus of the Virtues of Herbs, Stones and Certain Beasts* (also *A book of the Marvels of the World*) (S. XIII), Oxford University Press, London.
- [29] Merrifield, M.P., *Original Treatises on the Arts of Paintings*, 2 vols. (1ª ed. 1849), introd. y glos. de M.S. Alexander, Dover Publications, New York.
- [30] Borghini, R. (1967): *Il Riposo* (1584), Edizioni Labor, Milán.
- [31] Dionysius of Fourna (1978): *Hermeneia ('Painter's Manual')* (1730-1734), (Cód. gr. 708 de la Biblioteca Saltykov-Shchedrin de Leningrado), trad. y com. P. Hetherington, The Sagittarius Press, Londres.
- [32] Palomino de Castro y Velasco, A. (1988): *El Museo Pictórico y Escala Óptica* (1715-24), 3 vols., Aguilar S.A. de Ediciones, Madrid.
- [33] García Hidalgo, J. (1981): 'Principios para estudiar el nobilísimo, y real arte de la pintura, con todo y partes del cuerpo humano, siguiendo la mejor escuela y simetría, con demostraciones matemáticas que ajustan y enseñan la proporción y perfección del rostro y ciertos perfiles del hombre, mujer y niños' (1693), en F. Calvo Serraller, *La Teoría de la Pintura en el Siglo de Oro*, Ediciones Cátedra, S.A., Madrid, págs. 589-616.
- [34] Mayer, R. (1988): *Materiales y Técnicas del Arte*, Hermann Blume, Madrid.
- [35] Waley, A (1932): 'Notes on Chinese Alchemy', *Bulletin of the School of Oriental Studies*, 6, págs. 1-24.
- [36] Benedetti-Pichler, A.A. (1937): 'Microchemical analysis of pigments used in the fossae of the incisions of chinese Oracle Bones', *Industrial and Engineering Chemistry, Analytical Edition*, 9, págs. 149-152.
- [37] Needham, J. (1970): *Clerks and Craftsmen in China and the West*, University Press, Cambridge.
- [38] Johnson, O.S. (1928): *A Study of Chinese Alchemy*, The Commercial Press, Shanghai.
- [39] Lucas, A. (1948): *Ancient Egyptian Materials and Industries*, 3ª Ed., Edward Arnold and Co., London.
- [40] Bearn, J.G. (1923): *The chemistry of paints, pigments and varnishes*, Ernest Benn, Ltd., Londres.
- [41] Augusti, S. (1967): 'Analysis of the Material and Technique of Ancient Mural Paintings', in *Application of Science in Examination of Works of Art*, Sem. Sept. 1965, Research Laboratory, Museum of Fine Art, Boston (Massachusetts), págs. 67-70.
- [42] Davy, Sir Humphry (1815): 'Some experiment and observations on the colours used in painting by the Ancients', en *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, CV, págs. 97-124.
- [43] Laurie, A.P. (1937): 'Pigments, Mediums, and Technical Methods of Classical and Mediæval Painters', A Lecture delivered before the Chemical society on October 29th, 1936. Reprinted from the *Journal of the Chemical Society*, págs. 163-169.
- [44] Laurie, A.P. (1949): *The Technique of the great Painters*, Carroll and Nicholson, Ltd., London.
- [45] Laurie, A.P. (1913): 'Ancient Pigments and their Identification in Works of Art', en *Archæologia*, 64, págs. 315-336.
- [46] Anónimo (1986): 'Tractado del arte de la pintura' (1656), MS. 5917 de la Biblioteca Nacional de Madrid, en Veliz, Z., *Artists' Techniques in Golden Age Spain. Six treatises in translation*, Cambridge University Press, Cambridge, págs. 107-127.
- [47] Sanz, M.M.V. (1978): 'Un tratado de pintura anónimo y manuscrito del siglo XVII', *Revista de Ideas Estéticas*, 143, Tomo XXXVI (Julio-Agosto-Septiembre), págs. 251-275.
- [48] Feller, R.L. (1967): 'Studies on the Darkening of Vermilion by Light', in *Report and Studies in the History of Art*, National Gallery of Art, Washington, D.C., págs. 99-111.
- [49] Kopp, H. (1843-1847): *Geschichte der Chemie*, Vol. IV, Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig (Alemania), págs. 184-188.
- [50] Marco Polo (1994): *El Libro de las Maravillas* (S. XIII), Alianza, Madrid.
- [51] Laurie, A.P. (1935): *The painter's methods and materials*, Seeley, Service y Co. Ltd., London.
- [52] Audemar, P.S. (1967), 'Liber Magistri Petri de Sancto Audemaro de coloribus faciendis' (Manuscript of Petrus de S. Audemar) (S. XIII-XIV), (recopilado por J. Le Begue, 'Manuscripts of Jehan Le Begue', 1431), en Merrifield, M.P., *Original Treatises on the Arts of Paintings*, 2 vols. (1ª ed. 1849), introd. y glos. de M.S. Alexander, Dover Publications, New York., Vol. I, págs. 139-141.
- [53] Le Brun, P. (1967): 'Recueil des essaies des merveilles de la peinture' ('Brussels Manuscript') (1635), en Merrifield, M.P., *Original Treatises on the Arts of Paintings*, 2 vols. (1ª ed. 1849), introd. y glos. de M.S. Alexander, Dover Publications, New York., Vol. II, págs. 757-841.
- [54] Borradaile, V. y Borradaile, R. (1966): *The Strasburg Manuscript. A Medieval Painters' Handbook* (S. XV), Lawrence Bros, Ltd., London.
- [55] Eastlake, C. L. (1960): *Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters* (1ª ed. 1847 con el título *Materials for a History of Oil Painting*), 2 vols., Dover Publications, Inc., New York.
- [56] Hahn, H. (1946): *The Rape of La Belle*, Frank Glenn Publishing Co., Inc., Kansas City, Missouri.
- [57] Anónimo (1967): 'Ricette per far ogni sorte di colore' ('Paduan Manuscript') (S. XVI-XVII), en Merrifield M.P., *Original Treatises on the Arts of Paintings*, 2 vols. (1ª ed. 1849), introd. y glos. de M.S. Alexander, Dover Publications, New York., Vol. II, págs. 641-717.
- [58] Schendel, A.F.E. Van (1972): 'Manufacture of vermilion in 17th century Amsterdam. The Pekstok

- papers', in *Studies in Conservation*, 17, págs. 70-82.
- [59] Rose, F. (1916): *Die Mineralfarben*, Verlag von Otto Spamer, Leipzig.
- [60] Norgate, E. (1981): 'A more Compendious discourse concerning the art of Liming' (S. 1621-1650), en R.K.R. Thornton y T.G.S. Cain, Eds., *The Edinburgh Manuscript* (Parte II), Mid Northumberland Arts Group y Carcanet New Press, Manchester, págs. 117-125.
- [61] Hilliard, N. (1981): 'A Treatise concerning the arte of Limning' (1624), en R.K.R. Thornton y T.G.S. Cain, Eds., *The Edinburgh Manuscript* (Parte II), Mid Northumberland Arts Group y Carcanet New Press, Manchester, págs. 46-99.
- [62] Pacheco, F. (1990): *El Arte de la Pintura* (1649), introd. y not. de B. Bassegoda y Hugas, Ediciones Cátedra, Madrid
- [63] Nunez, F. (1986): 'Arte poética, e da pintura e symetria, como principios da perspectiva' (1615), en Veliz, Z., *Artists' Techniques in Golden Age Spain. Six treatises in translation*, Cambridge University Press, Cambridge, págs. 1-19
- [64] Laurie, A.P. (1914): *The Pigments and Mediums of Old Master*, Macmillan and Co., Ltd., London.
- [65] Sung Ying-Hsing (1966): *T'ien-Kung K'ai-Wu: Chinese Technology in the Seventeenth Century* (S. XVII), trad. E-Tu Zen Sun y Shiou Chuan Sun, The Pennsylvania State University Press, London.
- [66] Stillman, J.M. (1960): *The History of Alchemy and Early Chemistry*, Dover Publications Inc., New York.
- [67] G. Agricola (1950): *De Re Metallica* (1556), trad. y notas H.C. y L.H. Hoover, (1^a edición 1912, The Mining Magazine, Londres), Dover Publications, Inc., New York.
- [68] Mann, W. (1937): 'Zinnoberrot', *Der Farben-Chemiker*; 8, núm. 11, págs. 372-385.
- [69] Blanksma, J.J. (1948): 'Over kwik, kwikoxyden, cinnaber en vermiljoen', *Chemisch Weekblad*, 44, págs. 149-152.
- [70] Martin de Wild, A. (1929): *The Scientific Examination of Pictures*, G. Bell and Sons., Ltd., London.
- [71] Doerner, M. (1989): *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*, (título original *Malmaterial und seine Verwendung mi Bilde*, editado originalmente por Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart), 5^a edición traducida de la 16^a ed. alemana, Reverté, Barcelona.
- [72] Gettens, R.J. y Sterner, F.W. (1941): 'The compatibility of pigments in artists' oil paints', en *Technical Studies in the Field of the Fine Arts*, 10, págs. 18-28.
- [73] Eibner, A. (1909): *Malmaterialienkunde als Grundlage der Maltechnik*, Berlín.
- [74] Mayerne, T. De (1965-67): *Pictoria, sculptoria, tinctoria et quae subalternarium artium spectantia* (1620-46?), British Museum, Sloane Ms. 2052, M. Faidutti et C. Versini, Audin Imprimeurs, Lyon.
- [75] Rasti, F. y Sxott, G. (1980): 'The Effect of Some Common Pigments on the Photo-oxidation of Linseed Oil-based Paint Media', *Studies in Conservation*, 25, págs. 145-156.
- [76] Daniels, V. (1987): 'The blackening of vermilion by light', *Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts*, Jubilee Conservation Conference Papers, ed. James Black, Universidad de Londres, págs. 280-282.
- [77] Plester, J., Roy, A. y Bomford, D. (1982): 'Interpretation of the magnified image of paint surfaces and samples in terms of condition and appearance of the pictura', *science and Technology in the Service of Conservation*, Preprints of the Washington Congress, IIC, eds. N.S. Brommelle and P. Smith, London, págs. 170-171.
- [78] Gordon, D., Bomford, D., Plester, J. y Roy, A. (1985): 'Nardo di Cione's, Altarpiece: Three Saints', *National Gallery Technical Bulletin*, 9, págs. 32-35.
- [79] Eibner, A. (1926): 'Arbeitsumfang der Versuchsanstalt für Maltechnik an der Technischen Hochschule zu München', en *Technische Mitteilungen für Malerei*, 42, págs. 4-12.
- [80] Liberti, S. (1950): 'Ricerche sulla natura e sulla origine delle alterazioni del cinabro', *Bollettino dell'Istituto Centrale del Restauro*, 3-4, Roma, págs. 45-64.
- [81] Moore, G.E. (1870): 'Über das Vorkommen des amorphen Quecksilbersulfids in der Natur', *Journal für Praktische Chemie*, 2, págs. 319-330.
- [82] Allen E.T. y Crenshaw, J.L. (1912): 'The sulphides of zinc, cadmium and mercury: their crystalline forms and genetic conditions', *American Journal of Science*, 34, págs. 341-396.
- [83] Eibner, A. (1917): 'Über Lichtwirkungen auf Malerfarbstoffe, III. Erhöhung der Lichteinheit der auf nassem Wege hergestellten Zinnober', *Chemiker-Zeitung*, 41, núms. 55, 58, 61, 65/66, 70, 74/75, págs. 385-386, 402-404, 423-425, 447-450, 482-483, 510-513.
- [84] Eibner, A. (1917): 'Über Lichtwirkungen auf Malerfarbstoffe, IV. Darstellung von Zinnobern mit erhöhter Lichteinheit aus den Erzen durch Auslaugen', *Chemiker-Zeitung*, 42, núm. 116/117, págs. 469-470.
- [85] SPRING, M; GROUT, R. (2002): 'The blackening of vermilion: an analytical study of the process in paintings', *National Gallery Technical Bulletin*, 23, págs. 50-61.