

# Características y metodología de aplicación de los yesos utilizados en la preparación de pinturas sobre tabla.

Primeros resultados del estudio efectuado sobre cuatro tablas de los siglos XV-XVI

Margarita San Andrés Moya, Sonia Santos Gómez, Alfonso Rodríguez Muñoz

## 1.- INTRODUCCIÓN

La investigación sobre todos aquellos materiales que los antiguos maestros pusieron en contacto para el logro de sus fines artísticos, constituye una prioridad para todo conservador-restaurador. Por un lado, el estudio exhaustivo de la obra le ayuda a efectuar una correcta intervención sobre la misma; por otra parte, una minuciosa labor de documentación sobre su aspecto matérico permite, a la vez que se amplían los datos del estudio, dotar a la misma de una identidad más precisa.

Los maestros de la Edad Media en Europa Occidental concretan sus ideas pictóricas a través de la utilización de los más diversos materiales. El conocimiento de los mismos, fundamentalmente de carácter empírico, les permitió escoger los más adecuados para el logro de sus fines estéticos y para garantizar la durabilidad de la obra. En este sentido, el proceso de preparación de las tablas, la naturaleza de los materiales empleados, así como la habilidad de los talleres artísticos para elaborarlas constituye una fase primordial dentro de todo el proceso pictórico.

Las preparaciones en pintura sobre tabla suelen ser blancas, si bien pueden presentar algún tipo de imprimación coloreada, o cubrirse mediante estratos sucesivos de bol cuando van a recibir pan de oro. En general,

la aplicación de este tipo de preparación persigue como fin la consecución de una superficie reflectante, que ilumina los estratos pictóricos superpuestos.

La elección de una sustancia para la elaboración de una preparación blanca, normalmente, viene determinada por la abundancia de ese material en el lugar de residencia del maestro, o bien por las más o menos fluidas relaciones comerciales, políticas y de intercambio de artifices, existentes entre las diferentes comarcas.

Mientras pintores flamencos, alemanes, polacos, ingleses, normandos y, en general, el norte de Europa preparaban sus soportes pictóricos mediante la mezcla de calca y cola animal, los países del Mediterráneo o del sur de Europa, como Italia o España, solían elaborar sus paneles a partir de la aplicación de estratos sucesivos de yeso natural, o los productos resultantes de su tratamiento: yeso muerto, anhidrita, y yeso de París, además de la cola animal.

Por otra parte, dentro de cada país, se producen variantes locales de la técnica; por ejemplo, en tanto que en Venecia únicamente utilizan yeso, los toscanos lo emplean en unión a la anhidrita<sup>1</sup>. Portugal emplea tanto yeso como creta<sup>2</sup>. España se acoge, casi como norma, a la tradición del sur de Europa, si bien existen algunos ejemplos en los que las preparaciones se

elaboraron a partir de calca<sup>3</sup>. Este último dato constituye quizás el reflejo de los sólidos lazos, tanto políticos como culturales existentes entre España y Flandes (recordemos, entre otros acontecimientos, la llegada de numerosos artistas nórdicos en la segunda mitad del siglo XV). Sin embargo, estas circunstancias no se daban siempre. Parece ser que el pintor que se desplazaba a otros países solía adoptar los materiales locales; así por ejemplo, los pintores holandeses que trabajaban en Italia no utilizaban creta sino yeso<sup>4</sup>.

Una de las razones que propiciaron el empleo masivo en nuestro país de un tipo de material como el yeso o la anhidrita, es sin duda la amplia distribución de sus yacimientos en el territorio español. Si nos referimos a la Península Ibérica y al Archipiélago Balear, el yeso ocupa fundamentalmente la mitad oriental de la Península, así como determinados puntos de las Islas Baleares. De acuerdo a los datos que aportan recientes estudios, la España yesífera ocuparía el 58,8% de toda esta superficie<sup>5</sup>. Destacan por la abundancia en este material las localidades de Pancorbo (Burgos), Sigüenza y Molina de Aragón (Guadalajara) y Teruel.

El presente artículo supone una primera aproximación al modo de aplicación y características de los yesos utilizados en la elaboración de las capas de preparación de la pintura sobre

*Margarita San Andrés, y Sonia Santos pertenecen al Depto de Pintura-Restauración de la Facultad de BB. AA. y Alfonso Rodríguez, al Centro de Microscopía Electrónica "Luis Brú" de la U.C.M.*

tabla en España. Dentro de esta línea de trabajo se ha procedido a estudiar la capa de preparación de cuatro tablas de la Escuela Española: *San Juan Bautista*, *Santa Lucía y Dios Padre*, pertenecientes al Retablo de Pasarilla (Ávila) (s. XVI) y la obra *Resurrección de Cristo*, de la parroquia de Calvarrasa (Salamanca) (s. XV), a partir del análisis estratigráfico de micromuestras por microscopía óptica (MO), microscopía electrónica de barrido (MEB) y microanálisis por dispersión de energía de rayos X (DEX).

2.- EL YESO

Resulta de gran interés para el profesional conservador-restaurador conocer algunas de las características del yeso, uno de los materiales más utilizados en la historia de la pintura. Por un lado, tratados tan divulgados como el de Cennini o Pacheco hacen referencia a tipos específicos de yeso en la preparación de los paneles pictóricos. Por otra parte, el conocimiento de los minerales asociados a su yacimiento de origen, así como los cambios que el yeso puede experimentar, tanto a nivel estructural como de composición (variación en el grado de hidratación), como consecuencia de su proceso de cocción y posterior fraguado, resultan fundamentales para la correcta interpretación de los datos que aporta la MO, la MEB y el microanálisis por DEX.

Con el término **yeso** se designan diversos materiales de

composición química similar. El **yeso natural**, también denominado **pedra de yeso**, **algez**, o **selenita** es una roca sedimentaria química, de la clase evaporita salina. Químicamente, es sulfato cálcico dihidratado (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) y cristaliza en el sistema monoclinico, siendo por tanto birrefringente. Dependiendo de su aspecto externo, existen diferentes variedades; dentro de éstas, citaremos el *alabastro* (masas granuladas), *yeso espumoso* (masas escamosas), *yeso espejuelo* (estructuras en placas u hojas), *yeso fibroso* (agregados de cristales fibrosos). Presenta maclas en punta de flecha y de lanza.

Debido a su origen natural, suele ir asociado a otros minerales, tales como arcillas, limonita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · nH<sub>2</sub>O), calcita (CaCO<sub>3</sub>), dolomita (CaCO<sub>3</sub> · MgCO<sub>3</sub>), sales marinas como la sal gema (NaCl) y anhidrita (CaSO<sub>4</sub>). Por esta razón, los microanálisis que se efectúan sobre el yeso<sup>6</sup>, detectan además de azufre (S) y calcio (Ca) como elementos mayoritarios, otros elementos que normalmente suelen aparecer en proporciones mucho menos importantes; dentro de éstos se pueden señalar: estroncio (Sr), magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), hierro (Fe), potasio (K), fósforo (P) y cloro (Cl).

Además, el yeso puede obtenerse como subproducto de determinadas industrias, tales como las del ácido bórico o fos-

fórico; en estos casos, se les denomina de acuerdo a la industria de la que proceden, es decir, boroyeso o fosfoyeso.

Por otra parte, el término yeso hace referencia a otro tipo de yeso obtenido a partir del dihidrato, que se conoce también como **yeso industrial**; químicamente, se trata de sulfato cálcico hemihidratado (CaSO<sub>4</sub> · 1/2H<sub>2</sub>O) y tradicionalmente se conoce como **yeso de París**.

Como ya se ha señalado, el sulfato cálcico también se presenta en la naturaleza en su forma anhidra (CaSO<sub>4</sub>) conocida como **anhidrita**; cristaliza en el sistema ortorrómbico y presenta una birrefringencia más elevada que la del yeso dihidratado. Se encuentra en depósitos sedimentarios químicos de tipo evaporítico, o como producto de la deshidratación del yeso, en el caso de las evaporitas metamórficas. Suele ir asociada a calcita (CaCO<sub>3</sub>), aragonito (CaCO<sub>3</sub>) y yeso (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O). Esta forma anhidra puede transformarse en dihidrato en presencia de agua.

Como consecuencia de todo lo expuesto en los apartados anteriores, los yacimientos naturales de **yeso**, además de **selenita**, contienen **anhidrita**, y una amplia variedad de minerales.

De acuerdo a la norma UNE 102.001, existen cinco clases de yeso establecidas de acuerdo a su contenido en sulfato cálcico dihidratado<sup>7</sup>.

CLASE	CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O (mínimo)
I	95%
II	90%
III	80%
IV	70%
V	60%

La acción del calor produce una variación en el contenido de agua de hidratación, si bien los minerales asociados a su yacimiento de origen se mantienen. Antes de proceder a su cocción, es conveniente que la piedra de yeso sea previamente molida. A nivel tecnológico, este proceso de molido es importante, ya que permite que la cocción se desarrolle de forma uniforme en el conjunto de todos los granos, y que de esta manera la deshidratación sea homogénea; de lo contrario, en el producto obtenido existirán simultáneamente, además del hemihidrato, cantidades variables de dihidrato y anhidrita.

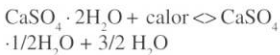
En el proceso de cocción pueden emplearse diversos tipos de hornos: de cinta, marmitas, artesanales, etc. La deshidratación transcurre por etapas, y dentro del intervalo de 100 °C a 1350 °C, se obtienen las siguientes fases:

-*Yeso cocido, variedad á*: forma hemihidratada (CaSO<sub>4</sub> · 1/2 H<sub>2</sub>O) obtenida a temperaturas comprendidas entre 100 °C y 120 °C. El proceso de cocción se desarrolla en solución salina o autoclave.

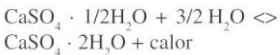
-*Yeso cocido, variedad β*: forma hemihidratada ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) obtenida a temperaturas comprendidas entre 120 °C y 180 °C, a presión atmosférica.

También pueden estar presentes distintas cantidades de dihidrato y anhidrita. La presencia del primero es debida a que las partículas de mayor tamaño no han experimentado deshidratación, mientras que la existencia de anhidrita es debida a que las partículas de menores dimensiones han experimentado una deshidratación completa.

Normalmente, este proceso de deshidratación se representa mediante la siguiente ecuación:



Una de las características más importantes del hemihidrato es su capacidad de *fraguar*, proceso por el cual se transforma de nuevo en dihidrato en contacto con agua. Este proceso se representa mediante la ecuación:



Este dihidrato presenta la misma composición química que el yeso natural, si bien la estructura se modifica. Este proceso conocido como *fraguado* o *apagado* se desarrolla en tres etapas: hidratación, cristalización y endurecimiento. El fenómeno se explica por la mayor

solubilidad del hemihidrato (10,5 g/l frente a 2,5 g/l el dihidrato); al amasarlo el hemihidrato se disuelve y al rehidratarse en la disolución, ésta se sobresatura y precipita el dihidrato en forma de agujas que se entrelazan al crecer, proporcionando a la pasta una nueva estructura y resistencia.

Si las temperaturas de cocción son más elevadas, se obtienen las siguientes fases:

- *Anhidrita III*: anhidrita soluble obtenida a temperaturas comprendidas entre 220 °C y 380 °C. También presenta capacidad de *fraguar*.

- *Anhidrita II*: anhidrita insoluble obtenida a temperaturas entre 380 °C y 1200 °C.

- *Anhidrita I*: temperaturas entre 1200 °C y 1350 °C.

Otros autores establecen diferentes denominaciones para la anhidrita<sup>8</sup>; así, también se designa como *anhidrita α* el sulfato cálcico anhidro obtenido a temperaturas comprendidas entre 130°C y 300°C, *anhidrita β* el obtenido a 525°C, *anhidrita γ* a 600°C. Los tipos *α* y *β* pueden rehidratarse siguiendo el mecanismo del yeso hemihidratado, aunque más lentamente; a partir de 525 °C, el producto obtenido no se rehidrata y se conoce también como *yeso muerto*.

El estudio de los diferentes tipos de yesos por MO, utilizando un microscopio de polari-

zación, ha aportado interesantes datos sobre sus características, si bien la aplicación de esta técnica puede resultar limitada en el caso del estudio de las capas de preparación de los estratos pictóricos, debido a la mínima cantidad de muestra de que generalmente se dispone. Concretamente, la MO proporciona información sobre la morfología de los cristales, índice de refracción, ángulo de extinción y color de dispersión. En este sentido, resultan especialmente interesantes las investigaciones de Green<sup>9</sup>, realizadas sobre muestras de yeso en polvo, que han permitido obtener datos precisos en relación a las propiedades señaladas, tanto en lo que respecta al yeso y la anhidrita, como en lo que se refiere a sus impurezas (calcita, dolomita y sílice).

### 3.- PREPARACIONES A BASE DE YESO

Como ya se ha indicado, la pintura sobre tabla en los países del sur de Europa consta, en general, del soporte (madera), la preparación a base de yeso y cola, en algunos casos una imprimación, y los estratos pictóricos, sobre los que pueden aplicarse diversas capas de barniz. Dentro de todo el proceso pictórico, las elaboradas preparaciones a base de yeso, jugaron un papel primordial en la pintura y dorado de los paneles durante toda la Edad Media.

Lo usual es que, una vez policromada la tabla, la prepara-

ción no sea visible, si bien su color puede influir de manera decisiva sobre los estratos pictóricos superpuestos, matizando la apariencia de los mismos. Esta circunstancia se da en mayor o menor medida dependiendo de la delgadez de los estratos pictóricos, o de su carácter translúcido. En general, y comparativamente con las preparaciones coloreadas, las preparaciones blancas constituyen una superficie reflectante de la luz que proporciona cierta luminosidad a la capa pictórica.

A veces, sin embargo, se atenúa esta luminosidad mediante la aplicación de imprimaciones o de capas de color, que pueden afectar sólo a determinadas zonas de la composición pictórica, o bien haber sido aplicadas sobre toda la preparación. Así, es corriente la existencia de un estrato verde o pardo bajo la zona correspondiente a una carnación, o en otros casos, una imprimación gris o más o menos anaranjada o rojiza, que puede ocultar toda la superficie blanca.

Como paso previo a su preparación, las tablas solían encolarse y cubrirse parcialmente, o en su totalidad, con telas encoladas. A continuación, se aplicaban las capas de yeso que a menudo se superponían también en las orillas y dorso de los paneles; de este modo se protege el soporte de las variaciones climáticas, a la vez que se hace imperceptible.

Las preparaciones se estructuraban, normalmente, mediante la aplicación de los que se conoce como yeso grueso y yeso fino (el *gesso grosso* y *gesso sottile* italianos), mezclados con cola animal elaborada a partir de la cocción de pieles de animales.

La aplicación del yeso grueso tenía como finalidad cubrir la superficie del panel de un material lo suficientemente duro, como para evitar que las desigualdades en la textura y dureza de la madera, pudieran afectar a los estratos pictóricos en general, y en especial al bruñido de la tabla cuando ésta se doraba. A continuación se aplicaba el yeso fino en sucesivos estratos, generalmente más numerosos que los del yeso grueso, más blando, suave y blanco, y que por estas características admite la presión del bruñido.

### 3.1.- LAS PREPARACIONES A BASE DE YESO EN LOS TRATADOS MEDIEVALES

Teofrasto de Ereso (s. IV a. C) es uno de los primeros autores que hace referencia a la utilización del yeso en pintura. En su obra *De Lapidibus*<sup>10</sup> alude al yeso de lugares como Chipre, así como al que se produce en Fenicia y Siria mediante el calentamiento de las piedras; asimismo, menciona otro proceso de transformación del yeso, en el que los trabajadores rompen la piedra, la sumergen en agua y remueven

la mezcla con palos a causa del calor que desprende.

La obra *Naturalis Historia*<sup>11</sup> de Plinio (23 o 24-79 d. C) recoge algunas de las utilidades que en la época se conferían al yeso. Este material era empleado en el blanqueo de los muros y moldeado de pequeñas figuras. Plinio indica que, en ocasiones, se obtenía mediante la calcinación de un mineral. El mejor yeso (*gypsum*) se preparaba a partir de la piedra specular (*lapis specularis*) o minerales similares, que en contacto con el agua, se depositaba rápidamente, por lo que se recomienda su rápida utilización. Este proceso, según Plinio, permite reducir el material a polvo muy fino. Bailey identifica este yeso con el yeso de París<sup>12</sup> (yeso hemihidrato obtenido por cocción del natural), y la piedra specular con mica o yeso<sup>13</sup>.

Pero, refiriéndonos a los tratados medievales, el de Teófilo, *Schedula Diversarium Artium*, del siglo XI o XII, constituye una de las primeras evidencias escritas que aluden a la preparación de las tablas a partir de la mezcla de yeso y cola animal. Este autor recomienda utilizar yeso sometido a un proceso de calentamiento y molido sobre una piedra con agua; a continuación se calienta en un recipiente de barro con cola y se aplica sobre la superficie a preparar<sup>14</sup>.

Cennino Cennini, en *Il Libro dell'Arte*, de fines del si-

glo XIV, es más explícito que los tratadistas anteriores, ya que determina incluso el tipo de yeso a utilizar. Este autor aconseja estructurar la preparación de acuerdo al empleo de yeso grueso y yeso fino, salvo en pequeños trabajos, donde es posible prescindir de los estratos de yeso grueso. En cualquier caso, advierte que ha de emplearse únicamente un día en este proceso. Cennini recomienda la utilización de alabastro yesoso en los primeros estratos de preparación de los paneles, e indica su procedencia (Volterra). Para su empleo, el yeso ha de ser *purgado* y tamizado; a continuación, se mezcla con cola sobre la piedra de moler y se extiende con espátula. Posteriormente, se calienta y aplica con espátula sobre los planos lisos y con brocha sobre los relieves del retablo, donde se dará un mayor número de manos (tres o cuatro). También indica que este yeso ha de servir para disimular los defectos o irregularidades de las tablas.

Respecto al yeso fino, Cennini señala que "... se trata del mismo yeso que antes, pero purgado durante un mes, tenido en una cubeta llena de agua. Remueve todos los días el agua, que casi llega a corromperse, deja que desprenda todo su calor y quedará tan suave como la seda. Luego tira el agua, de forma que quede casi como un pan y déjalo secar; éste es el que venden los especieros para nosotros los pintores. Y este yeso es el que se emplea para enyesar, do-

rar, hacer relieves y otras cosas bellas"<sup>15</sup>.

Cennini ha denominado a uno de los yesos *alabastro yesoso* y al otro *yeso fino*. Ha explicado que, en cualquier caso, se trata del mismo yeso, por lo que el autor los diferenciaría atendiendo a su apagado o purgado en agua. Se parte, por tanto, del alabastro yesoso dihidrato que, aunque Cennini no lo menciona, habría de ser calentado y transformado en hemihidrato o anhídrido para que posteriormente pueda ser apagado en agua y transformarse de nuevo en dihidrato.

Por otra parte, este autor se refiere al *purgado* del alabastro yesoso en dos etapas; en la primera ocasión, el término probablemente indica simplemente el tamizado del yeso; durante el segundo purgado, el alabastro se mantendría en agua durante un mes con el fin de apagarlo.

Una vez obtenido el yeso fino y ya convertido en panes, se introduce en un recipiente con agua, se muele y se envuelve en un paño que se retuerce con el fin de retirar el agua sobrante. A continuación se toma un pan, se coloca en un puchero, se corta y se le añade cola a la vez que se deshace con los dedos. Cennini recomienda la utilización del mismo aguacola para templar ambos tipos de yeso; sin embargo, advierte que es necesario que el yeso fino contenga una cantidad de cola menor, que se mez-

clarará con el agua que aún conserva tras su molienda. De este modo, este yeso resulta más blando que el grueso. Cennini justifica así esta prevención: "... ¿Cuál es el motivo de ésto? que el alabastro es el fundamento para tu trabajo..."<sup>16</sup>.

Para mantener la temperatura del yeso sin que llegue a hervir, se incluye en un recipiente con agua caliente. La primera capa se aplica con pincel, a la vez que se frota la superficie con la mano. Las siguientes no se frotan y alternan su sentido, aplicándose sobre la capa anterior sin que haya finalizado su secado. Al contrario que para el yeso grueso, este autor recomienda la aplicación de una mayor número de capas de yeso fino sobre los planos (al menos ocho) que en los relieves. A continuación, Cennini aconseja un eficaz secado de las tablas y, como fase final, el pulido de las superficies, con rasqueta los planos y mediante la utilización de hierros las molduras. En el caso en que no se disponga de tiempo, sugiere el uso de una pieza de lino humedecida<sup>17</sup>.

El manuscrito de Bolonia, *Segreti per Colori*, de la primera mitad del siglo XV, constituye un compendio de instrucciones referentes a numerosas prácticas artísticas. Entre las enseñanzas que aporta se encuentra una receta dedicada a la elaboración del yeso mate o fino: "... se toma el yeso, se sumerge en agua y se cuele, durante cinco días, tres o

cuatro veces cada día. Entonces, se hacen panes con el yeso y se dejan secar". El autor anónimo del recetario advierte sobre la importancia de preservar los panes de la suciedad<sup>18</sup>.

En este mismo manuscrito se aportan indicaciones relativas a las preparaciones de los soportes de madera. Tras aplicarse tres o cuatro manos de cola muy caliente, se temple el yeso (no especifica el tipo) con agua no excesivamente caliente. A continuación, se extiende sobre el panel con una vara, se deja secar y se lija. El yeso fino se aplica en diez manos sucesivas aglutinado con cola no demasiado fuerte y, por último, se lija. Este autor no indica si se emplea el mismo tipo de yeso en las dos fases de la preparación<sup>19</sup>.

Los manuscritos de Jehan Le Begue, de 1431, incluyen información procedente de diversas fuentes. Merrifield señala que las recetas 110-116, entre las que se encuentra una referente a la preparación del yeso fino (*gesso sottile*) para dorar, habrían sido escritos por Johannes Archerius en 1410 y copiados por un pintor que vivía entonces en Bolonia, Johannes de Módena. Las indicaciones para la fabricación del yeso fino, correspondientes al apartado denominado *Experimenta de Coloribus* no difieren, salvo en algunos detalles, de las que aporta *Il Libro dell'Arte* de Cennini o el manuscrito *Segreti per Colori*: Se parte

de yeso fino tamizado, que se sumerge en agua. Cada día, durante un mes, se cambia este agua y se cuele. Entonces, se procede a eliminar el agua sobrante. Por último, se hace con él un pan y se deja secar<sup>20</sup>.

Raffaello Borghini en *Il Riposo*<sup>21</sup> (1584) aconseja, como Cennini, casi dos siglos después de la composición del tratado de este último, la utilización de yeso volterrano muy fino en la preparación de las tablas. Sin embargo, este autor no menciona el yeso grueso. Borghini señala que el yeso de Volterra se aplica mezclado con cola en cuatro capas, alisando la superficie, dejándola secar sucesivamente y añadiendo agua de modo que la fuerza de la cola disminuya en cada nueva mano. Por último, se pule la superficie. Muy probablemente este yeso esté constituido por yeso mate, a tenor del adjetivo *sottilissimo* con que el autor lo describe<sup>22</sup>.

Pacheco en su *Arte de la Pintura* (impreso en 1649), inmerso en una época en la que la técnica del óleo se ha generalizado, hace por otra parte referencia a la pintura al temple, que este autor ya considera antigua: "Mucha veneración y respeto se debe a la pintura al temple, por haber nacido con la misma arte y ser la primera que se usó en el mundo, y en la que los famosos artífices antiguos hicieron tantas maravillas como refieren los autores..."<sup>23</sup>.

Pacheco describe ambos tipos de yeso de manera especialmente detallada, cuando cita la técnica de dorado al agua sobre tabla. El yeso grueso que el autor describe como *vivo y fresco* ha de tamizarse. Posteriormente, se temple lentamente con cola. Pacheco indica que el yeso, en este momento, ha de crecer (es decir, rehidratarse). Una vez aplicada la giscola (jugo de ajo al que se añade cola), se extenderían cuatro o cinco manos de este yeso, de modo que la primera de éstas oculte las deficiencias de la tabla; a continuación, se lija.

El yeso mate o muerto al que este autor se refiere es un dihidrato recristalizado mediante el proceso de apagado en agua. Pacheco especifica las características del yeso de partida a utilizar en su fabricación: "... ha de ser de espejuelo, fresco y bien molido, cernido con cedazo, o tamiz muy delgado, en un lebrillo grande..."<sup>24</sup>. Como ya se ha indicado, este tipo de yeso se presenta en la naturaleza cristalizado en láminas brillantes. Aunque este tratadista no menciona que se caliente, es necesario que el yeso de espejuelo (dihidrato) haya perdido previamente, o carezca de, al menos, parte de su agua de cristalización, si se persigue su apagado o rehidratación en agua. Con referencia a este último proceso, señala que el yeso se mantiene entre diez y quince días en agua, durante los cuales se remueve dos veces por día, a la vez que se retira y añade agua. Por último,

se elimina el agua y se pone a secar al sol.

Con el objeto de templar el yeso mate y coincidiendo, por tanto, con Cennini, se utilizaría la misma cola que para templar el yeso grueso. Pacheco esgrime la siguiente razón: "... porque la flaqueza del yeso mate modera la fortaleza de la cola y lo dexa en el ser que es menester"<sup>25</sup>. Una vez aglutinado, se cuele el yeso y se aplican cinco o seis manos de éste con una brocha suave. Este tratadista advierte que, aunque él mismo no lo recomienda, algunos doradores añaden al yeso mate aceite *de comer* o de linaza.

Este autor, de igual forma, recomienda la utilización de ambos tipos de yeso en la preparación de las tablas que van a ser pintadas al óleo. Sobre una mano de gíscola de guantes, se aplican tres o cuatro de yeso grueso. Para Pacheco, su empleo persigue fundamentalmente, como ya indicaba Cennini, la finalidad de subsanar los desperfectos del soporte. El yeso mate, templado no excesivamente fuerte, se aplicaría en cinco o seis manos. Por último, se pule la preparación con un cuchillo y se imprima con albayalde y sombra de Italia aglutinados con aceite de linaza<sup>26</sup>.

En la preparación de los lienzos, entre otros métodos, refiere el empleo de yeso cernido (no especifica el tipo) y cola<sup>27</sup>, así como en el dorado sobre piedra, bronce y otros materiales<sup>28</sup>.

Aún en el siglo XVIII A. Palomino de Castro y Velasco evoca la utilización del yeso en el aparejo de tablas para pintar al óleo, según *usaban los antiguos*, aunque advierte que se ha renunciado prácticamente a este tipo de soporte por los múltiples inconvenientes que presenta, inherentes a su propia naturaleza<sup>29</sup>. Según este autor, como primer paso, se aplicaría una mano de ajicola; a continuación se plastean las imperfecciones del soporte con una masa elaborada a partir de la mezcla de yeso y cola; después, se extienden dos o tres de yeso grueso, que denomina *pardo*, se lija, y se dan otras dos o tres de mate. También indica que la cola con la que se mezclan ambas clases de yeso es la misma y no ha de tener una fuerza excesiva. Por último, para terminar el proceso, se lija la superficie, se aplica una mano de cola y se extienden una o dos manos de imprimación al óleo.

Para finalizar, sería interesante poner de relieve, a tenor de las indicaciones aportadas para preparar el yeso fino, que ninguno de estos autores se refieren al calentamiento del yeso como paso previo a su apagado en agua. Aunque éstos parecen los pasos que lógicamente habrían de seguirse, si nos atuviéramos únicamente a las directrices de estos tratados, una vez molido el yeso natural (dihidrato), se sumergía directamente en agua, con lo cual el fin perseguido no sería su apagado o rehidratación. Con toda proba-

bilidad los tratados, aunque no lo mencionan, aluden a un yeso de partida ya tratado mediante calor.

En este sentido, Gettens<sup>30</sup> hace una descripción de tres tipos de hornos utilizados desde tiempos remotos en el tratamiento calórico de los yesos, detalla sus características y hace especial referencia a sus carencias respecto al control de la temperatura. Asimismo, este autor describe la fabricación del yeso de dorar o *gesso a oro* italiano, que se prepararía mediante la agitación de tubos de madera, en los que se mezclaba el yeso tostado y pulverizado, con un volumen igual de agua; posteriormente se dejaba secar en moldes de madera.

### 3.2.- COMPOSICIÓN DE LAS PREPARACIONES ELABORADAS A BASE DE YESO

En base a la información recogida en los tratados medievales, han sido numerosos los estudios realizados con el fin de caracterizar las capas de preparación de pintura antigua elaboradas a base de yeso. Teniendo en cuenta la naturaleza química de este material, así como los tratamientos por cocción y posterior hidratación a los que es sometido para obtener las distintas variedades de yeso utilizadas en los procedimientos pictóricos, es lógico considerar que los componentes que de forma mayoritaria integrarán estos estratos son: sulfato cálcico dihidrato,

anhidrita y cantidades variables de hemihidrato.

Respecto a este último componente, tradicionalmente había existido la creencia de que el estrato de yeso grueso se obtenía a partir del yeso de París (hemihidrato). Así lo indica Thompson<sup>31</sup> en la traducción y comentario de *Il Libro dell'Arte* de Cennino Cennini. Concretamente, este autor señala que el yeso natural o alabastro se calienta, con lo que se elimina parte del agua de cristalización; si se añade cola, recristaliza lentamente y daría lugar a lo que se denomina yeso grueso. Para la elaboración del yeso sutil o mate se parte del yeso de París, si bien en este caso ese añade una gran cantidad de agua, con lo que se transforma en un material muy suave. Este mismo autor en su obra *The Materials and Techniques of Medieval Painting*<sup>32</sup> refiere que el proceso era costoso y que en determinadas pinturas, fundamentalmente en las que no iban a ser doradas, se aplicaba el yeso en estado natural.

Constable<sup>33</sup> en su obra *The Painter's Workshop* comparte estas opiniones e indica que las capas de yeso grueso consistían en una mezcla de yeso de París mezclado con cola fabricada a base de retazos de pergamino, lo cual proporcionaría una superficie granular. El yeso fino se prepararía mezclando este yeso de París con una gran cantidad de agua.

Por último, Church<sup>34</sup> en *The Chemistry of Paints and Painting* afirma, de acuerdo a estas hipótesis, que las preparaciones se componían de carbonato cálcico o de yeso de París y cola.

Las referencias que todos estos autores hacen al yeso hemihidrato pueden responder a sus interpretaciones de los tratados medievales. Concretamente, en éstos se especifica que para elaborar el yeso fino se parte del grueso, que se ha de apagar en agua. A este respecto, hay que señalar que si el yeso se ha de rehidratar es lógico utilizar un hemihidrato en lugar de una anhidrita, la cual se rehidrata más lentamente.

Gettens fue uno de los primeros investigadores que planteó la caracterización de los yesos empleados en la elaboración de las capas de preparación de pintura sobre tabla. En su trabajo publicado en 1935, basado en la aplicación de la MO al examen de muestras de pintura<sup>35</sup>, hace referencia a la existencia de yeso de París en la preparación de una pintura italiana sobre tabla de finales del siglo XV (*Madonna Enthroned with Saints and Angels*) atribuida a Girolamo de Benvenuto. Asimismo, indica que la preparación se estructura mediante la aplicación de numerosos estratos de este material mezclado con cola, tanto en las capas de yeso grueso como de yeso fino.

Posteriormente, Gettens y Mrose<sup>36</sup> estudiarían los estratos de yeso grueso de muestras de preparación de numerosas pinturas italianas y algunas españolas de los siglos XIV-XVI. Estas muestras fueron analizadas por difracción de rayos X, técnica que permite identificar una sustancia a partir de su correspondiente estructura cristalina y que, en este caso, variará dependiendo del grado de hidratación del sulfato cálcico. Los resultados obtenidos han permitido establecer que las preparaciones de las Escuelas de Siena, Umbría y Florencia así como algunas muestras de la Escuela Española son similares y contienen una mezcla de anhidrita y yeso; en muchos casos, la proporción de ésta superaba a la del yeso. Por el contrario, las preparaciones venecianas constan únicamente de sulfato cálcico dihidratado.

Si bien, en principio, la aparición de anhidrita puede ser atribuida a su presencia en los yacimientos de yeso, para algunas de las muestras estudiadas, Gettens y Mrose descartaron esta posibilidad. Las partículas analizadas no presentaban las características morfológicas de la anhidrita natural (partículas cuadradas o rectangulares), sino que tenían una forma rectangular y estructura fibrosa. El tipo de morfología observado sería, según estos autores, propia del yeso bien cristalizado, que se mantiene incluso cuando el material se calienta. Todo lo señalado les condujo a la conclusión de que

estas partículas fibrosas constituyen restos de la estructura del yeso de partida<sup>37</sup>.

Estos investigadores entienden que los hornos empleados en la cocción del yeso natural presentaban un control de temperatura deficiente. También apuntan la posibilidad de que la piedra de yeso no fuera pulverizada antes de proceder a su calentamiento mediante calor, sino introducida en forma de terrones. Por tanto, la presencia de anhidrita no sería intencionada, sino que más bien responde a deficiencias en la técnica de cocción del yeso.

Por último, señalar que Gettens y Mrose indican que la presencia de yeso junto a pequeñas cantidades de hemihidrato en las capas de preparación se debe a la rehidratación de la anhidrita durante el transcurso de los siglos<sup>38</sup>.

Los estudios de Hendy y Lucas<sup>39</sup> confirman las tesis anteriores. El yeso grueso estaría constituido por una mezcla de sulfato cálcico anhidro y hemihidrato y el fino por sulfato cálcico dihidrato y yeso de París.

Bomford y col.<sup>40</sup> describen el yeso grueso como una mezcla de anhidrita y cola. La anhidrita se habría obtenido por cocción del yeso; el yeso fino se prepararía mediante el apagado del grueso en agua.

Las investigaciones realizadas por Martin y col.<sup>41</sup> sobre

las preparaciones blancas de tablas italianas continúan en esta misma línea. Las técnicas utilizadas fueron la MEB y la difracción de rayos X. Entre otras conclusiones, establecen la existencia de dos tipos de preparaciones, en cuanto a la composición y morfología de los estratos superpuestos.

Uno de los tipos de preparación está estructurada mediante la superposición de los estratos de yeso grueso (aplicado generalmente en una sola capa) y fino (en varias capas). El yeso grueso está compuesto por una mezcla de yeso y anhidrita y el fino por yeso, si bien en algunos casos aparecen pequeñas cantidades de anhidrita.

Otras preparaciones se estructuraban a partir de la superposición de dos o tres espesas capas de yeso fino. Los autores indican que éste habría sido obtenido a partir de yeso de París rehidratado<sup>42</sup>.

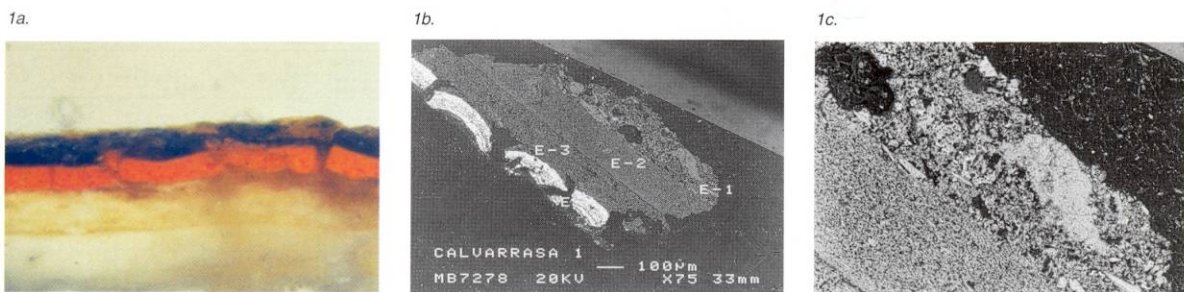
Asimismo, los autores señalan que se desconoce si el material que constituye el yeso grueso al que se refiere Cennini procedía directamente de las canteras de Volterra, o si por el contrario era utilizado después de haber sido sometido a un tratamiento previo de cocción. Por otra parte, apuntan que el yeso fino se habría obtenido por rehidratación del yeso de París; la observación de los estratos de yeso fino por MEB pone de manifiesto que están constituidos

**Figura 1.- Corte estratigráfico de la muestra 1:**

1a) MO (100X);

1b) MEB (electrones retrodispersados);

1c) MEB, detalle de los estratos de yeso grueso y yeso fino.



por agregados de pequeñas partículas aciculares<sup>43</sup>.

Las conclusiones de este trabajo corroboran los datos aportados por Gettens y Mrose, en cuanto a que las preparaciones de la Escuela Toscana incluyen anhidrita y yeso, a diferencia de las de la Escuela Veneciana, en las que únicamente aparece este segundo compuesto.

#### 4.- ESTUDIO DE LA PREPARACIÓN DE CUATRO TABLAS.

##### PRIMEROS RESULTADOS.

Se ha procedido al estudio de la preparación de cuatro tablas de la Escuela Española de los siglos XV-XVI. Las técnicas utilizadas han sido microscopía óptica (MO), microscopía electrónica de barrido (MEB) y microanálisis por dispersión de energía de rayos X (DEX).

La MO ha permitido una primera aproximación en cuanto al número de estratos que conforman la capa de preparación y

en algunos casos detectar la morfología y tamaño de las partículas. El estudio por MEB y DEX se ha realizado sobre la misma muestra previamente estudiada por MO. La MEB ha aportado una información mucho más precisa en relación al número de estratos, morfología y densidades de las partículas. El microanálisis por DEX ha determinado la naturaleza de los elementos mayoritarios y minoritarios constitutivos de estos estratos de preparación.

El conjunto de todos los resultados obtenidos ha hecho posible llegar a unas primeras conclusiones en cuanto a la naturaleza de las especies mineralógicas presentes.

##### - Metodología experimental

-Caracterización de las muestras.

MUESTRA 1.- Procede de una tabla del siglo XV, *Resurrección de Cristo*, perteneciente al retablo de la parroquia de Calvarrasa (Salamanca); corresponde al paño rojo de la figura de Cristo.

MUESTRA 2.- Corresponde a una tabla del siglo XVI, *San Juan Bautista*, perteneciente al retablo de la parroquia de Pasarilla (Ávila); corresponde al manto rojo de la figura de San Juan.

MUESTRA 3.- Perteneciente a una tabla del siglo XVI, *Dios Padre*, perteneciente al mismo retablo que la muestra 2 (Pasarilla-Ávila); corresponde al fondo de la escena.

MUESTRA 4.- Corresponde a una tabla del siglo XVI, *Santa Lucía*, que pertenece también al retablo de Pasarilla; se ha extraído del brocado de la túnica de la figura de la santa.

##### - Condiciones de trabajo

La observación de las muestras por MO se ha realizado en un microscopio de polarización marca JENAPOL. El estudio por MEB se ha llevado a cabo en un microscopio electrónico, marca JEOL, modelo JSM 6400, con una tensión de aceleración de 20KV. Tiene una resolución de 35 Å a una distancia de trabajo de 8 mm y 35 KV. Este microscopio lleva incorporado un

espectrómetro de dispersión de energía, marca LINK, modelo eXL, con resolución de 138 eV a 5.39 KeV.

##### - Resultados y discusión

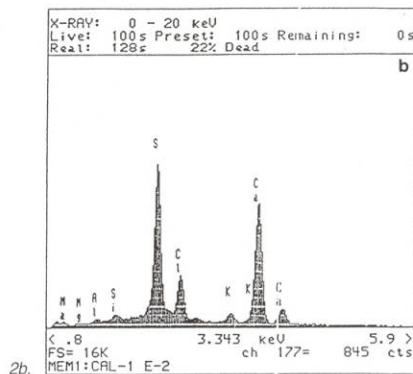
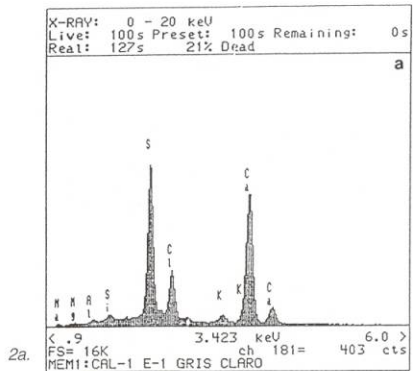
La figura 1a corresponde al corte estratigráfico de la muestra 1 observado por MO; se aprecia que la capa de preparación está elaborada mediante la superposición de estratos. En la figura 1b se recoge la imagen obtenida por MEB de esta misma muestra y en la figura 1c un detalle de la preparación; en ambos casos se advierten claramente las diferentes características de los estratos.

Los estratos E-1, E-2, y E-3 corresponden a la preparación. El primero presenta una morfología y tamaño de partícula diferentes a los restantes, típica del yeso grueso, mientras que el E-2 y E-3 están constituidos por partículas mucho más homogéneas en cuanto a morfología y tamaño; en la figura 1c se puede apreciar su estructura acicular, característica del yeso fino.

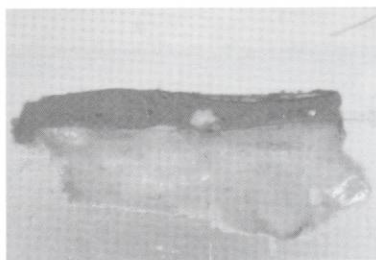


**Figura 2.-** Microanálisis realizados por DEX en la capa de preparación de la **muestra 1:** 2a) estrato E-1 (yeso grueso); 2b) estrato E-2 (yeso fino).

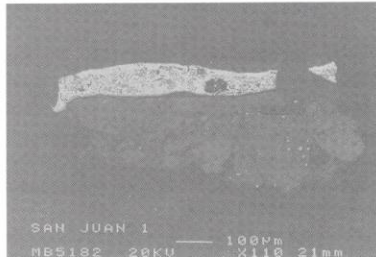
**Figura 3.-** Corte estratigráfico de la **muestra 2:** 3a) MO (100X); 3b) MEB (electrones retrodispersados); 3c) detalle de la preparación donde se observan partículas de elevada densidad electrónica, identificadas como sulfato de estroncio.



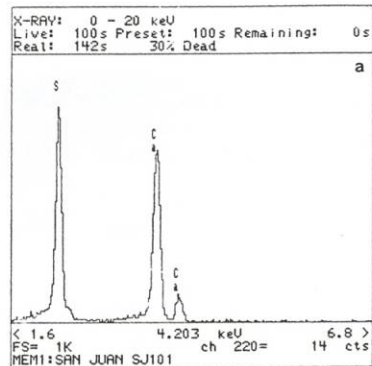
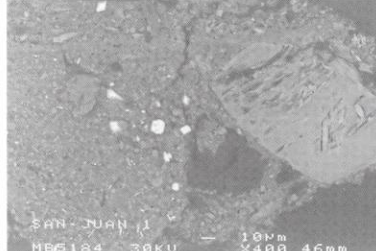
3a.



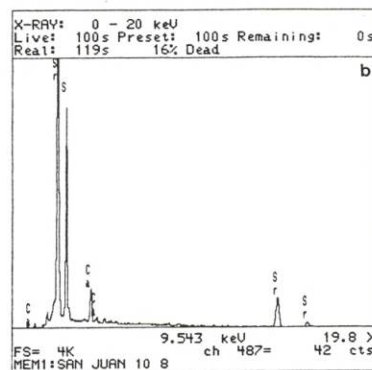
3b.



3c.



4a.



4b.

Los resultados de los microanálisis realizados por DEX detectan la existencia de azufre (S) y calcio (Ca) como elementos mayoritarios. Asimismo, como elementos minoritarios aparecen: cloro (Cl), potasio (K), silicio (Si), aluminio (Al), magnesio (Mg) y sodio (Na); los resultados han sido los mismos para todos los estratos de preparación (figs. 2a y 2b).

Se puede concluir que la preparación ha sido elaborada

mediante la aplicación de un estrato de yeso grueso y dos estratos de yeso fino; este último presenta la típica estructura del yeso dihidrato obtenido por fraguado del yeso de París (hemihidrato). En lo que respecta al yeso grueso podría estar presente en la forma dihidrato o anhídrido. Por último, en relación con las restantes especies mineralógicas presentes, cabe la posibilidad de que se trate de calcita, dolomita, sílice, diferentes feldspatos y distintos cloruros; todos ellos minerales

asociados a los yacimientos de origen del yeso natural.

La figura 3a corresponde al corte estratigráfico de la **muestra 2** observada por MO; en esta imagen no se aprecia una diferenciación de estratos en el conjunto de la preparación. Está constituida por partículas muy heterogéneas en cuanto a tamaño y morfología. La observación de esta misma muestra por MEB confirma la información anterior (fig. 3b); asimismo ha per-

mitido observar con mayor precisión las partículas cristalinas de este estrato y determinar la existencia de componentes que presentan una elevada densidad electrónica (fig. 3c).

Los microanálisis por DEX efectuados sobre numerosas partículas han detectado la presencia de azufre (S) y calcio (Ca) como elementos mayoritarios (fig. 4a) y de estroncio (Sr), sodio (Na), magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), potasio

**Figura 4.-** Microanálisis realizados por DEX en la capa de preparación de la **muestra 2**: 4a) sulfato de calcio; 4b) sulfato de estroncio; 4c) calcita y/o dolomita; 4d) cloruros y tierras ferruginosas.  
**Figura 5.-** Corte estratigráfico de la **muestra 3**: 5a) MO (100x); 5B) MEB (electrones retrodispersados).  
**Figura 6.-** Corte estratigráfico de la **muestra 4**: 6a) MO (100X); 6b) MEB (electrones retrodispersados).

(K), hierro (Fe) y cloro (Cl). Destacar la existencia del estroncio (Sr), que en todos los casos aparece asociado al azufre (S) (fig. 4b), cuya presencia es responsable de la elevada densidad electrónica de las partículas en las que se encuentra.

A partir de la información aportada por el conjunto de estos resultados, se deduce que la preparación ha sido aplicada en un solo estrato de yeso grueso,

bien en la forma dihidrato o anhidra. Los numerosos microanálisis realizados por DEX han permitido apuntar con bastante aproximación la naturaleza de algunas de las especies mineralógicas presentes. Se han detectado numerosas partículas de celestina (SrSO<sub>4</sub>), mineral que puede aparecer asociado al sulfato cálcico (CaSO<sub>4</sub>) en los yacimientos de origen. También existen partículas de calcita (CaCO<sub>3</sub>) y dolomita (CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>) (fig. 4c), y en menor proporción distintos tipos de cloruros y tierras ferruginosas (fig. 4d); estas últimas están constituidas mayoritariamente por sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y óxidos de hierro con distintos grados de hidratación (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O).

La figura 5a muestra el corte estratigráfico de la **muestra 3** observado por MO; en esta imagen no se aprecia una clara diferenciación de los estratos aplicados en la preparación, si bien se intuye la posibilidad de que el estrato en contacto con la capa pictórica sea más fino que el inferior. La observación por MEB (fig. 5b) corrobora la su-

posición anterior; existen dos estratos de granulometría distinta, más fina en el superior. A este respecto, señalar que sobre la capa de preparación existe un estrato de bol, posiblemente aplicado con la intención inicial de dorar la tabla, si bien esta posibilidad pudo ser desestimada posteriormente por el maestro. Al igual que en la **muestra 2**, también se han detectado partículas de elevada densidad electrónica.

Los resultados de los microanálisis por DEX han sido similares a los correspondientes a la muestra de la tabla *San Juan*, de ese mismo retablo, por lo que se pueden hacer las mismas deducciones en cuanto a la composición de la preparación. En este caso hay que destacar la existencia de estratos de yeso grueso y yeso fino.

La figura 6a corresponde al corte estratigráfico de la **muestra 4** observa-

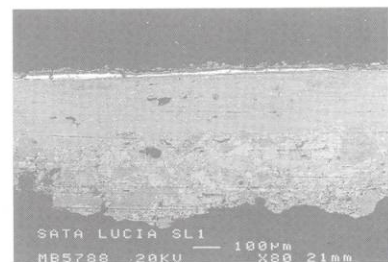
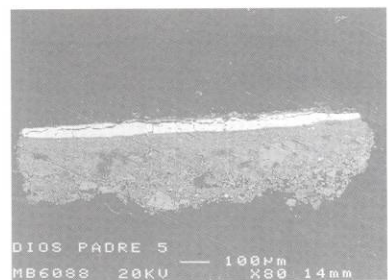
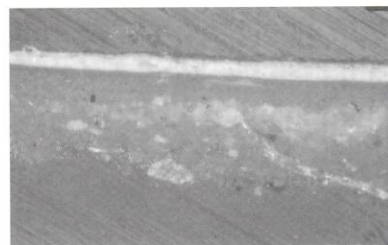
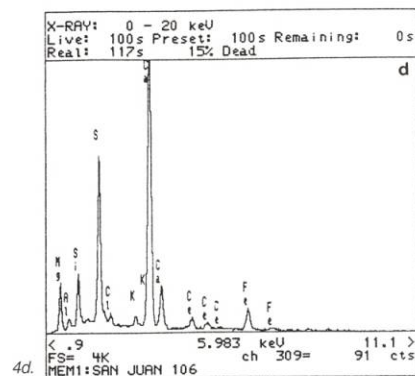
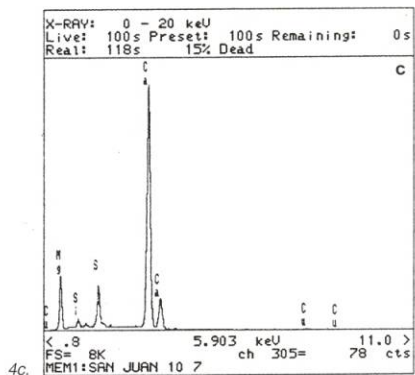
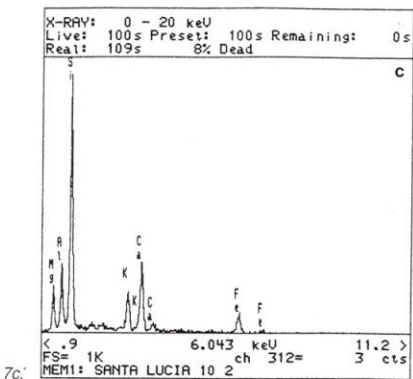
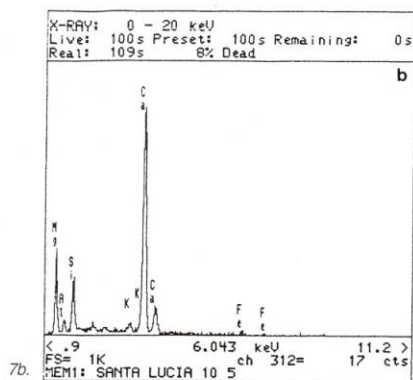
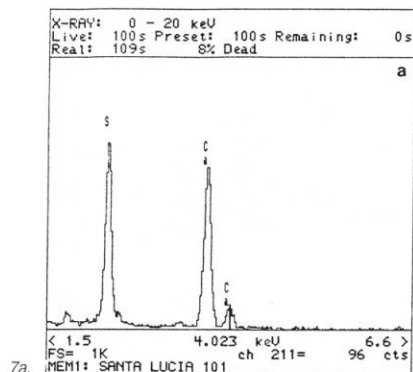


Figura 7.- Microanálisis realizados por DEX en la capa de preparación de la muestra 4: 7a) sulfato de calcio; 7b) calcita y/o dolomita; 7c) tierras ferruginosas.



do por MO; se aprecia claramente la existencia de dos estratos: el primero de yeso grueso y el segundo de fino, siendo el primero mucho más heterogéneo en cuanto a tamaño, morfología y coloración de las partículas. La imagen de esta misma muestra por MEB (fig. 6b) establece una perfecta diferenciación entre ambos estratos; el yeso fino está constituido por partículas de proporciones muy reducidas, mientras que en el yeso grueso se entremezclan partículas de tamaños muy diversos, predominando las de grandes dimensiones. Destacar que la densidad electrónica de las partículas es en todos los casos del mismo orden.

Los microanálisis efectuados por DEX han detectado la presencia de azufre (S) y calcio (Ca) como elementos mayoritarios (fig. 7a) y como minoritarios silicio (Si), aluminio (Al), potasio (K), hierro (Fe), magnesio (Mg) y cloro (Cl).

Los resultados obtenidos permiten deducir que el componente de la preparación es básicamente yeso, en forma de dihidrato para el estrato de yeso fino y en la forma anhidra o dihidrato para el yeso grueso. Son numerosos los minerales asociados entre los que podríamos señalar: calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ ) (fig. 7b) y tierras ferruginosas entre otros (fig. 7c).

### 5.- CONCLUSIONES

La metodología seguida en el proceso de elaboración de la capa de preparación de las cuatro tablas estudiadas ha variado en función de la finalidad perseguida por el autor.

Asimismo, aunque el material utilizado en todos los casos ha sido el mismo (sulfato cálcico), se han observado diferencias significativas en cuanto a las especies mineralógicas asociadas a éste. Estas diferencias son debidas a que los yacimientos de procedencia han sido distintos según los casos.

Respecto a la muestra 1 correspondiente a la *Resurrección de Cristo* del siglo XV (retablo de Calvarrasa, Salamanca), hay que señalar que originariamente la obra estuvo dorada en gran parte de su superficie (concretamente el fondo de la escena), si bien en épocas posteriores esta zona dorada fue recubierta por repintes sucesivos. Esta pue-

de constituir una de las razones de la aplicación de estratos de yeso grueso y fino, a la que se suma la metodología específica seguida por el autor.

Con referencia a las muestras 2 y 3, que corresponden a las tablas *San Juan* y *Dios Padre* respectivamente, del siglo XVI, (retablo de Pasarilla, Ávila), el material que aparece en ambas procede del mismo yacimiento debido a que en ambos casos se han detectado cantidades significativas de celestina ( $\text{SrSO}_4$ ) junto a los restantes minerales a los que se hizo alusión anteriormente (véase apartado 4). Las restantes tablas del retablo fueron también estudiadas, obteniéndose en todos los casos resultados muy similares.

Sin embargo, respecto a la metodología utilizada en la aplicación de la capa de preparación, la tabla de *Dios Padre* difiere de las restantes ya que, en este caso, ha sido aplicada en dos estratos de yeso grueso y fino, en tanto que en las demás sólo aparece una capa de yeso grueso. Como ya se ha apuntado en la discusión de los resultados, esta diferencia pudiera provenir de la idea inicial del autor de dorar la tabla.

Por último, en el estudio realizado sobre la tabla *Santa Luacia*, también de la parroquia de Pasarilla, se han detectado diferencias significativas en la composición del yeso utilizado, con respecto al empleado en las

anteriores. Estas diferencias indican que el yacimiento de origen ha sido diferente. Por otra parte, si bien esta obra pertenece a la misma parroquia y en principio se supuso correspondía al mismo retablo, los resultados obtenidos conducen a la conclusión de que pudo ser realizada en

otro momento y, quizás, por otro autor.

**AGRADECIMIENTOS:**

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación *Caracterización de Estratos Pictóricos por Microscopía Electrónica de Transmisión* (SEC 94-

0609) y ha podido ser realizado gracias a la financiación de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT). Los autores también expresan su agradecimiento a la empresa Muvice S. L. y al obispado de Avila, que han suministrado las muestras para su estudio, dentro

del convenio suscrito al amparo del Art. 11 y 14.1 de la L.R.U. Asimismo, también agradecen la inestimable colaboración de Dña. Olvido Conejo Sastre, Dña. M<sup>a</sup> Isabel Báez Aglio y D. Juan Luis Baldonado Rodríguez, miembros de este mismo equipo investigador.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- MARTIN, E., SONODA, AL, DUVAL., A. R.: "Contribution a L'Etude des Preparations Blanches des Tableaux Italiens sur Bois". *Studies in Conservation*, 37, 1992, pp. 82-92.
- 2.- BERGEON, S.: "Painting Technique: Priming, Coloured Paint Film and Varnish". *Journal of the European Study Group on Physical, Chemical and Mathematical Techniques Applied to Archaeology. Art History and Laboratory. Scientific Examination of Easel Paintings. Edited by Roger Van Schoute and Hélène Verougstraete-Marcq. Strasbourg. PACT 13, 1986, pp. 35-62.*
- 3.- CABRERA, J. M., GARRIDO, M.C.: "Dibujos Subyacentes en las Obras de Fernando Gallego". *Boletín del Museo del Prado*, n<sup>o</sup>4, tomo II, Enero-Abril, 1981, pp. 27-48.  
GARRIDO, M. C., CABRERA, J. M.: "El Dibujo Subyacente y otros Aspectos Técnicos de las Tablas de Sopenetrán". *Boletín del Museo del Prado*, n<sup>o</sup> 7, tomo III, Enero-Abril 1982, pp. 15-31.
- 4.- HENDY, P., LUCAS, A. S.: "Les préparations des peintures". *Museum*. Vol. XXI, n<sup>o</sup> 4, 1968, pp. 245-275.
- 5.- RIBA ARTERIU, O., MACAU VILAR, F.: "Situación, Características y Extensión de los Terrenos Yesíferos en España". *Coloquio Internacional sobre Obras Públicas en los Terrenos Yesíferos. Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid, Sevilla, Zaragoza, 1962, pp. 5-33.*
- 6.- KOCMAN, V.: "Rapid Multielement Analysis of Gypsum and Gypsum Products by X-Ray Fluorescence Spectroscopy". *The Chemistry and Technology of Gypsum. ASTM Committee C-11 on Gypsum and Related Building Materials and Systems. Richard A. Kuntze, Ontario Research Foundation, editor. Atlanta, 14-15 April 1983, pp. 72-104.*
- 7.- GASPAR TEBAR, D.: "El Yeso. Aplicaciones en Restauración. Propiedades y Características". *III Curso Internacional de Conservación y Restauración del Patrimonio: Yeserías y Estucos. Instituto Español de Arquitectura. Fundación General Universidad de Alcalá. Madrid, 26-30 Junio de 1995, p. p. 1-16.*
- 8.- VIAN ORTUÑO, A.: *Introducción a la Química Industrial. Editorial Reverté. Segunda edición. Barcelona, 1994, pp. 214-215.*
- 9.- GREEN, G. W.: "Gypsum Analysis with the Polarizing Microscope". *The Chemistry and Technology of Gypsum. ASTM Committee C-11 on Gypsum and Related Building Materials and Systems. Richard A. Kuntze, Ontario Research Foundation, editor. Atlanta, 14-15 April 1983, pp. 22-47.*
- 10.- THEOPHRASTUS: *The Lapidibus. Edited with introduction, translation and commentary by D. E. Eichholz. Oxford University Press. Great Britain, 1965, pp. 81-85.*
- 11.- BAILEY, K. C.: *The Elder Pliny's Chapters on Chemical Subjects. Edited, with translation and notes by Kennet C. Bailey. Part II. Edward Arnold & Co. London, 1932. Liber XXXVI, par. 183, pp. 142-143.*
- 12.-Ibid., part II. *Notes. Book XXXIV, 182N, p. 276.*
- 13.-Ibid., part I. *Notes. Book XXXI, 77N, pp. 162-163.*
- 14.- THEOPHILUS: *On Divers Arts: The Foremost Medieval Treatise on Painting, Glassmaking and Metalwork. Translated from the latin with an introduction and notes by John G. Hawthorne and Cyril Stanley Smith. 1St. Ed. reprinted. Constable. New York, 1979, p. 27.*

- 15.-CENNINI, C.:El Libro del Arte. Comentado y anotado por F. Brunello. Editorial Akal. Madrid, 1988, p.p. 154-155.
- 16.-Ibid., p. 157.
- 17.-Ibid., p. 160.
- 18.-MERRIFIELD, M. P.:Original Treatises on the Arts of Painting. Vol. II. Dover Publications. New York, 1967, pp. 490-492.
- 19.-Ibid., pp. 594-595.
- 20.-Ibid., vol. I, pp. 92-94.
- 21.-BORGHINI, R.:Il Riposo. Ed. Facs. de la de Fiorenza, Giordano Morescotti, 1584 (vol. XIII). Saggio Biobibliografico e indice analitico a cura di Mario Rosci (vol. XIV). Gli Storici della Letteratura Artistica Italiana. Edizioni Labor. Milano, 1967, pp. 172-173.
- 22.-Ibid., p. 173.
- 23.-PACHECO, F.:Arte de la Pintura. Edición, introducción y notas de Bonaventura Bassegoda i Hugas. Ed. Cátedra. Arte. Grandes Temas. Madrid, 1990, p. 445.
- 24.-Ibid., p. 507.
- 25.-Ibid., p. 506.
- 26.-Ibid., p. 480.
- 27.-Ibid., p. 481.
- 28.-Ibid., p. 507.
- 29.-PALOMINO DE CASTRO Y VELASCO, A.:El Museo Pictórico y Escala Óptica. Tomo II. Editorial Aguilar. Madrid, 1988, pp. 131-132.
- 30.-GETTENS, R. J.: "A Visit to an Ancient Gypsum Quarry in Tuscany". Studies in Conservation. Volume I., number 4, October 1954, pp. 190-192..
- 31.-CENNINI, C.:The Craftsman's Handbook. The Italian "Il Libro dell'Arte". Translated by Daniel V. Thompson. Dover Publications. New York, 1960, p. 70.
- 32.-THOMPSON, D. V.:The Materials and Techniques of Medieval Painting. Dover Publications. New York, 1956, pp. 34-36.
- 33.-CONSTABLE, W. G.:The Painter's Workshop. Oxford University Press. London, 1954, pp. 69-70.
- 34.-CHURCH, A. H.:The Chemistry of Paints and Painting. Third edition revised and enlarged. Seeley and Co. Limited. London, 1901, p. 30
- 35.-GETTENS, R. J.: "Microscopic examination of Specimens from an Italian Painting". Technical Studies in the Field of the Fine Arts. III. January 1935, pp. 165-173.
- 36.-GETTENS, R. J., MROSE, M. E.: "Calcium Sulphate Minerals in the Grounds of Italian Paintings". Studies in Conservation. Volume I, number 4, October 1954, pp. 174-195.
- 37.-Ibid., p. 186.
- 38.-Ibid., p. 185.
- 39.-Hendy y Lucas. Op. cit., p. 249.
- 40.-BOMFORD, D., DUNKERTON, J., GORDON, D., ROY, A., KIRBY, J.:La Pintura Italiana hasta 1400. Traducción de Ramón Ibero. Ediciones del Serbal. Primera edición. Barcelona, 1995, p. 17.
- 41.-Martin y col. Op. cit., pp. 82-92.
- 42.-Ibid., p. 90.

