



## ÍNDICE

Introducción. José María Cabrera.....	9
---------------------------------------	---

---

### 1. CRITERIOS DE CONSERVACIÓN

1.1. Conservación y Restauración "50 años de protección del patrimonio histórico artístico", 1933-1983, Ministerio de Cultura, Madrid, 1983. ....	15
1.2. La piedra material base Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), 1987. ....	25
1.3. Reinterpretación de los factores de riesgo. "VIII cursos monográficos: El patrimonio histórico", Universidad de Cantabria, Reinosa, 1997. ....	57

---

### 2. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

2.1. Consolidación de la madera "Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Madrid", Número 4, Madrid, 1965. ....	75
2.2. Causas de alteración y métodos de conservación aplicables a los monumentos hechos en piedra. "Materiales de construcción", Número 170, Instituto Eduardo Torroja, C.S.I.C., Madrid, 1979. ....	79
2.3. Fábricas de piedra "Conservación y restauración. El patrimonio cultural de Castilla y León", Consejería de Educación y Cultura, Valladolid, 1987. ....	111
2.4. Materiales de reparación "Jornadas sobre restauración y conservación de monumentos", Ministerio de Cultura, Madrid, 1989. ....	129
2.5. Técnicas de valoración y protección de las figuraciones arquitectónicas "Restauración arquitectónica", serie número 19, Universidad de Valladolid, 1992. ....	147
2.6. Alteración y conservación de estructuras y muros "XIV cursos monográficos: el patrimonio histórico", Universidad d Cantabria, Reinosa, 2003. ....	161

---

### 3. INTERVENCIONES

3.1. La conservación de la Portada de Santa María de Ripoll "Informes y trabajos del Instituto de conservación y restauración", Número 5, Madrid, 1965. ....	169
3.2. Programa para la conservación de la Portada de Ripoll: últimas realizaciones "Bulletin de L'Institut Royal del Patrimoine Artistique" Bruselas 1975. ....	207
3.3. Catedral de León: sobre algunas particularidades tecnológicas en la conservación de la escultura lítica exenta. "El congreso de conservación de Bienes Culturales", Comité español del ICOM, Teruel, 1978. ....	215

3.4. Tratamiento para la conservación de la piedra en la catedral de León: La aguja de la Torre sur. En colaboración con Miguel Ángel Gutiérrez Merino, en "VI Congreso de conservación de Bienes Culturales", Comité español del ICOM. Tarragona, 1986.....	227
3.5. Reflexiones en torno a la imagen. El color. La luz "Anteproyecto de restauración interior de la cúpula de la basílica de Loyola", Eusko Ikaskuntza, Ondare, Donosita, 2000. ....	235

---

#### 4. ESTUDIOS DE POLICROMÍA

4.1. El Azul Maya "Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración, Número 8, Madrid, 1969.....	239
4.2. Nota de Laboratorio sobre bronce ibéricos de Despeñaperros. "Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración", Número 10, Madrid, 1970. ....	265
4.3. Estudio de materiales y técnica de la escultura en madera policromada "Virgen de la oliva" de Alonso Cano (s. XVII) En colaboración con Alberto Recchiuto en Comité Internacional del ICOM, Madrid, 1972.....	273
4.4. Conservación y Restauración de una escultura ibérica en piedra policromada del siglo IV a. J. C. "Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración" Número 12, Madrid, 1972. ....	274

---

#### 5. CONTAMINACIÓN Y PATRIMONIO

5.1. La influencia de los contaminantes en el patrimonio artístico nacional. "Economía industrial" Número 107, Ministerio de Industria, Madrid, 1972.....	288
5.2. Contribución de la química a las Bellas Artes "Historia de la Química", Real Academia de Ciencias Exentas, Físicas y Naturales, Madrid, 1981. ....	295
5.3. Contaminación y patrimonio. Punto de vista del restaurador "Patrimonio Histórico Artístico y Contaminación. Encuentro Europeo", Ayuntamiento de Madrid, Madrid, 1992. ....	307
5.4. Climatologie au musée del Prado. En colaboración con Ana Cifuentes en Comité Internacional del ICOM, Zagreb, 1975.....	317
5.5. Cross-Sections En colaboración con Carmen Garrido en "Scientific Examination of Ensel Paintings" Pact, Número 13, Council of Europe, Strasbourg 1986. ....	323

---

#### 6. ESTUDIO DE MATERIALES Y TÉCNICAS DE PINTURA

6.1. La Virgen de la Mosca de la Colegiata de Toro (Zamora) En colaboración con Arturo Martos Díaz en "Informes y trabajos del Instituto Conservación y Restauración", Número 6, Madrid, 1966.....	337
---	-----

6.2. L'annonciation de la Chatreuse de Miraflores (Burgos): Etude et traitement de conservation. En colaboración con Carmen Garrido en Comité Internacional del ICOM, Madrid, 1972.....	361
6.3. La piedad de Roger Van der Weyden. Análisis de Laboratorio "Boletín del Museo del Prado. Tomo I, Madrid, 1980.....	369
6.4. Dibujos subyacentes en las obras de Fernando Gallego En colaboración con Carmen Garrido en "Boletín del Museo del Prado, Tomo II, Número 4, 1981. ....	379
6.5. Estudio técnico del Guernica. En colaboración con Carmen Garrido en "Boletín del Museo del Prado", Tomo II, Número 6, 1981.....	399
6.6. El dibujo subyacente y otros aspectos técnicos de la tablas de Sopetran. En colaboración con Carmen Garrido en "Boletín del Museo del Prado, Tomo III, número 7, 1982.....	409
6.7. Pedro Berruguete: El dibujo Subyacente de la predela del retablo mayor de la Iglesia de Santa Eulalia de Paredes de Nava. En colaboración con Carmen Garrido en "Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración", Número 14, Madrid, 1982.....	425
6.8. Estudio técnico comparativo de dos Sagradas Familias del Greco En colaboración con Carmen Garrido en Boletín del Museo del Prado", Tomo III, Número 8, Madrid, 1982 .....	433
6.9. Algunas cuestiones técnicas de "Descendimiento de la Cruz" de Van der Weideen En colaboración con Carmen Garrido, J.R.J. Van Asperen de Boer y Roger Van Schoute, en "Boletín del Museo del Prado" Tomo II Número 8, Madrid, 1983.....	445
6.10. "La Fragua de Vulcano. Estudio técnico y algunas consideraciones sobre los materiales y métodos del XVII En colaboración con Carmen Garrido, Gridley McKim y Richard Newman en "Boletín del Museo del Prado", Tomo IV, Número 11, Madrid, 1983. ....	459
6.11. Le Dessing sons-Jacent chez Jerome Bosch: L'adoration des Mages du Musee du Prado. En colaboración con Carmen Garrido y Roger Van Schoute en Colloques I et II organisés par le Laboratoire d'étude des oeuvres d'art par les méthodes scientifiques, Novembre, 1975.....	481
6.12. Juan Martín Díaz "El Empecinado" de Francisco de Goya. En colaboración con Carmen Garrido y María Jesús Iglesias en "Aino Darwin Institute", Japón, 1997.....	485

---

## 7. ALTAMIRA

7.1. Conservación de la Cueva de Altamira: Sugerencias para un programa de trabajo. "Altamira Symposium." Ministerio de Cultura, Madrid, 1981. ....	497
--	-----

## INTRODUCCIÓN

José María Cabrera

El Químico que dedica su esfuerzo a estudiar y restaurar obras de contenido artístico y cultural, trabaja siempre, ó al menos así debería hacerlo, con el supuesto de que su material es estéticamente valioso y de que, aún rodeando su trabajo de todas las garantías, él se reserva el ápice de su labor al servicio de los problemas del Arte y, por su conducto, a los de la Historia. De la falta de claridad sobre esta idea fundamental proceden los equívocos y los errores que ponen en peligro los fines últimos, ya que, con procedimientos analíticos cada vez mas refinados, puede limitar su tarea a un simple acarreo cuantitativo y, por tanto, a unas aportaciones de escaso rango científico. Aunque el Químico trabaje en las mas modestas áreas, debe mantener la vista alzada hacia las metas a que apunta su labor, no permaneciendo como impasible recolector de datos o aplicador de recetas, sino nutriéndose con el descubrimiento personal de las conexiones entre el Arte, en su espiritualidad, y la materia, en su inmutable pasividad, a través de la historia de las formas que recubren el quehacer humano.

Los objetos de interés artístico y cultural son manufacturas que precisan de materiales y de técnicas, lo mas opuesto a lo espiritual que puede darse. Pero en esa materialidad manipulada se fundamentan otras cualidades "internas y microscópicas" que no apreciamos directamente, pero que hacen que en ellos se conserven testimonios innegables determinantes de su identidad, y a los que podemos acceder mediante instrumentos y técnicas analíticas. Estos otros fenómenos, a diferencia de los que examinan normalmente los historiadores, los críticos y los restauradores, son susceptibles de un preciso análisis químico y creo que deberíamos considerarlos "piezas de construcción" fundamentales de esa mismidad subyacente pues, a través de esas "hechuras" suyas, individuales y únicas, resulta posible alcanzar una

percepción mas íntima del poder conformador del que son manifestación.

Para su trabajo con las Obras de Arte, la sensibilidad del Químico se ha de desarrollar hasta verlas, no simplemente como materia, sino como manifestación de algo espiritual, con lo que activa una forma de observación, quizás mas refinada pero similar a la normalmente utilizada en la práctica científica general, en la que guardando el debido respeto a la relación funcional entre las distintas disciplinas implicadas, el énfasis esté firmemente situado en la relación de estos aspectos con el todo, que no puede ser identificado con ninguno de ellos, constituyéndose así en una experiencia interdisciplinar combinada en el objeto.

Con estos fundamentos, introducidos por nosotros en España hace mas de cuarenta años , hemos ido realizando y publicando los trabajos de estudio y restauración de objetos de interés cultural que se recogen ahora en este libro.

Esta recopilación persigue tres cosas: una nueva aprehensión de los problemas de la restauración de siempre en general, un planteamiento de estos problemas desde el punto de vista del químico-restaurador y transformar ciertas posibilidades teóricas en tareas prácticas capaces de realización. Pero me dirijo a estos fines exclusivamente desde mi punto de vista personal, para lo único que un hombre puede hacer por otro, que es tratar de estimularle a un pensamiento original independiente.

Por esto, no creo que importe mucho que este libro no represente un todo arquitectónicamente articulado y cerrado, sino mas bien una serie de actos independientes que pretenden incitar al lector a proseguir por si mismo las líneas bosquejadas. Entendamos pues que este libro se publica, mas para sugerir entre los restauradores la evolución de nuevas ideas, que para suministrarles un lote de conocimientos hechos.

Lo que aquí se recoge tampoco sigue un orden cronológico, sino que agrupa los diferentes artículos desde una perspectiva temática que nos permite apreciar con una distancia de varias décadas, cosas parecidas que han evolucionado mucho. Como ejemplos de esto podríamos destacar 1) que en los

procesos de alteración de los Monumentos, han ido perdiendo valor las ideas nacidas del “ambientalismo”, para recuperar fuerza las consecuencias de ciertas intervenciones restauradoras basadas en las modas estéticas y en la falta de mantenimiento de ciertos periodos históricos, conclusiones sacadas de nuestra tesis doctoral y aplicables a cuestiones tan variadas como nuestros edificios históricos ó la Cueva de Altamira, y 2) como los procedimientos técnicos para el estudio de las obras de arte han pasado de ser un simple momento de abstracción en la aportación de datos auxiliares, para devenir una de las tareas mas modernas y prestigiosas, como testimonia el estudio de la “Piedad” de van der Weyden, propuesto en nuestra publicación como un “argumento para el laboratorio y su función en el Museo del Prado”.

Algunas de estas publicaciones tuvieron relevancia ya en la década de los sesenta, como el “Azul Maya”, consecuencia marginal de varias Misiones como Experto Consultor de la UNESCO en México y Guatemala pues, al conseguir demostrar la composición y la técnica de fabricación de los dos únicos pigmentos de color azul que permanecían sin identificar, el de los indios Seri de Sonora y el de los Mayas de Mesoamérica, tuvo su interés para los especialistas en la datación, atribución y restauración de obras de naturaleza muy diversa, desde épocas remotas hasta nuestros días. También fueron bien recibidas en la comunidad internacional, las intervenciones en las Portadas de Ripoll (Gerona) y Platerías (Santiago de Compostela), habiendo recogido la UNESCO la intervención en Ripoll en el número uno de la revista MONUMENTUM, su primera publicación periódica dedicada a la Restauración de Monumentos como consecuencia de las directrices nacidas en la reunión de Venecia; la intervención en Platerías aparece ahora en el nº 38 de la revista ARS SACRA, que acompaña a este libro, y nos muestra, junto con el artículo dedicado a “el color de la arquitectura”, como nos parece demostrado hasta la evidencia que el ser pintada la Arquitectura se debe, no solo a ser un medio eficaz de conservación para los edificios, sino también a una ley mas alta de la religión y del arte.

Desde hace mucho tiempo, en el mundo de la restauración, lo que intelectualmente no nos satisface tampoco nos satisface en el sentido vital, y una restauración mejorada es hoy día indispensable si las viejas verdades han de recobrar de algún modo su vitalidad como conjunto de conflictos opuestos y sin resolver, cooperación necesaria de lo racional y lo irracional, de lo que tiene sentido y de lo que carece de él. No pretendo decir más que lo que he dicho, pero no he llegado aún al final de la obra de mi vida y la unidad más alta, a la que aspiro y que hace falta, es cosa de vida y no de teoría. ■

Buenavista, Junio de 2006



### 1.1. Conservación y Restauración



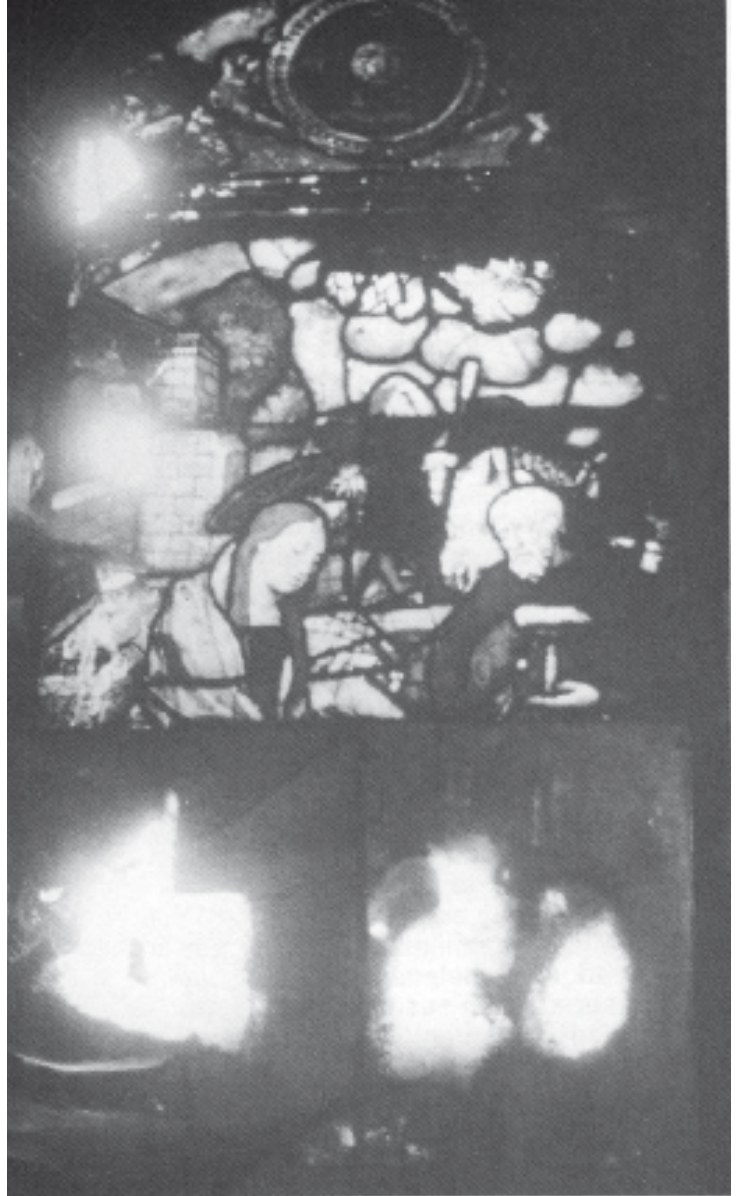
#### 1. ANTECEDENTES

El artículo 19 de la Ley del treinta y tres, condensa muy bien las ideas de la época en materia de conservación y restauración, ofreciendo una norma clara y precisa: "Se proscribe todo intento de reconstitución de los Monumentos, procurándose por todos los medios de la técnica su conservación y consolidación, limitándose a restaurar lo que fuere absolutamente indispensable y dejando siempre reconocibles las adiciones". Estas prescripciones son aplicables a los "conjuntos urbanos o rústicos" en virtud del artículo 33 y, aunque para los bienes muebles nada se señala, cabe entender que los mismos conceptos le son aplicables.

Entre las publicaciones de la época, próximas a la redacción de esta Ley, señalamos una que nos parece muy aclaratoria de las discusiones del momento: el Discurso de

ingreso en la Academia de la Historia de D. Modesto López Otero el 3 de enero de 1932 y la contestación de D. Elías Tormo<sup>2</sup>, en los que se pueden apreciar "la superación de la vieja polémica entre conservadores y restauradores, "defensores estos de la integridad restaurada, con sus peligros de lo arbitrario y de lo falso", y manteniendo los primeros el principio de la "intangibilidad, que conduce al abandonismo y a la pérdida del Monumento", aceptando la "fórmula intermedia, aunque no equidistante, de conservar ante todo, y con la posible autenticidad; hacer perenne, eterna, la verdad histórica; pero admitiendo la necesaria intervención, reducida a lo preciso". D. Elías Tormo porfía en "el máximo respeto a lo que quedó de otras edades" y se declara "intransigente enemigo de todo parcial pasticcio" así como "condenador del afán de las restauraciones, que por necesidades sólo físicas de un edificio, vino la pecaminosa tentación de restaurarlo hasta en los detalles decorativos rotos, perdidos o incompletos". D. Modesto López Otero recoge la necesidad del diagnóstico como "base imprescindible del método de conservación", relatando con minuciosidad las enormes posibilidades de los recursos tecnológicos y científicos para garantizar la conservación del Monumento "sin dejarla ver, sin tocar a su contextura aunque fuera originariamente defectuosa y sin menoscabar ni haber de completar lo decorativo" y acepta ese criterio intermedio al que antes hemos aludido al conciliar el triple interés de la importancia de los valores estéticos junto al documento histórico (que pone en palabras del arqueólogo Paul León) y a la necesidad de no falsificar (según dice el arquitecto Giovannoni).

Quizás también sea útil traer a la memoria lo que D. Manuel Gómez Moreno publicaba



Artículos 4 del Real Decreto Ley de 9 de agosto de 1926 y 19 de la Ley de 13 de mayo de 1933. Restauración de las vidrieras de la Iglesia de Santo Tomás, en Covarrubias (Burgos). La tonalidad utilizada en la restauración permite distinguir con claridad los vidrios integrados de los antiguos.

en 1925 respecto al "drama ejemplar de la historia de las restauraciones" en la Catedral de León<sup>3</sup>, describiendo "el edificio enmascarado por enormes restauraciones, en parte sensatas y fieles, en parte antojadizas, ya por llevar el sello de otros tiempos, ya ideadas con un criterio fantástico de restitución y embellecimiento", junto a una cantidad importante de datos y juicios sobre el insaciable afán de sustituciones que caracteriza las obras realizadas desde 1869, inducidas al parecer por problemas de mala calidad de materiales, "error doctrinal, pegadizo desde Francia, al que no lograron sustraerse el talento y saber de D. Juan de Madrazo".

Pese al error que toda esquematización exagerada presupone, un resumen de los tres principales hechos acaecidos durante el siglo XIX y origen de los tres intereses que trata de conciliar D. Modesto López Otero, puede ser el siguiente:

a) La Introducción del concepto de "unidad estilística" para la restauración que desarrolla Violet-le-Duc permitiéndole crear al modo de los antiguos a partir de los datos que le suministran las ruinas.

b) La necesidad del dato histórico para restaurar, que actúa como freno a las fantasías compositivas de los artistas restauradores.

c) El concepto de "falso histórico" definido

por Camilo Boito y Gustavo Giovannoni” frenando las reconstrucciones historicistas, con la consiguiente revalorización del original, ya que la obra sólo existe en lo que de ella subsiste.

Aunque no son más que tres hitos dentro de un proceso histórico largo y denso, permiten aplicar a la restauración lo que Leibniz decía de toda ciencia: “la serie de hechos que nos propone no nos revelan el origen de esos hechos sino la historia de nuestros descubrimientos”. No se trata ya evidentemente de enfrentar lo histórico a lo estético, la conservación a la restauración, sino de actuar unitariamente reuniendo y confrontando los elementos de apreciación de orden estético, histórico y científico para conservar y transmitir a las generaciones futuras, con todo el valor de su autenticidad, esos objetos incuestionables, únicos hechos innegables que guardan la verdad de nuestro pasado.

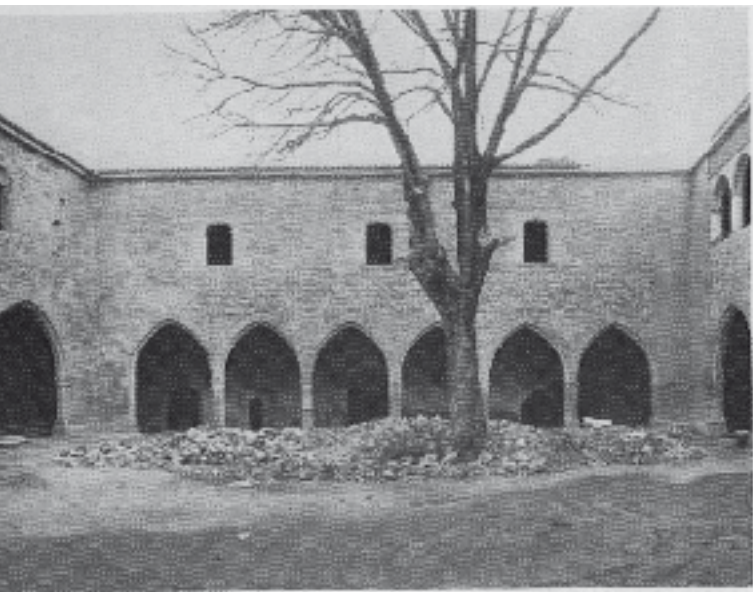
## 2. PANORAMA INTERNACIONAL

Los conceptos que animan el espíritu de nuestra ley del treinta y tres eran los reconocidos internacionalmente en su época. Aunque el documento que más se conoce sea la “Carta de Atenas”, fruto de la “Conferencia Internacional para la Conservación del Patrimonio Artístico y Arqueológico” celebrada en Atenas en 1931, y que constituyó el primer acto internacional para la tutela de los Monumentos<sup>5</sup>, debemos recordar que en 1930 se había celebrado en Roma la “Conferencia Internacional para el Examen y la Preservación de las Obras de Arte”, convocada por el Oficio Internacional de Museos (OIM) de la Sociedad de Naciones, primer paso indiscutible y fundamental en el intercambio de puntos de vista en materia de conservación y restauración, que condujo a la publicación del primer tratado sobre la conservación de pinturas con criterios modernos<sup>6</sup>, considerándosele como el punto de partida de

los esfuerzos a gran escala en el dominio de la restauración del patrimonio artístico. Como siempre, los conservadores y restauradores iban más rápido en los bienes muebles que en los monumentos, definiendo con mayor profundidad y alcance los criterios y soluciones, pero es incuestionable que la simplicidad y buena redacción de las dos páginas de la “Carta de Atenas” supusieron más para la cristalización de las ideas, que las casi trescientas páginas de la Conferencia de Roma.

Nota importante en las Conferencias de Roma y de Atenas es la llamada al desarrollo e investigación de métodos nuevos, solicitando la participación de las Ciencias Naturales, la Física y la Química. Es evidente la importancia que habían tenido los trabajos científicos publicados, como el manual de F. Rathgen del Laboratorio del Museo de Berlín (1905) titulado “Die Konservierung von Altertumsfunden”, la existencia desde 1919 del Laboratorio del British Museum y la aparición desde 1927 de la publicación periódica “Mouseion” de la O.I.M. y no podemos olvidar los convincentes resultados obtenidos por los científicos al examinar los materiales de las excavaciones de Pompeya, así como de Egipto con motivo de las campañas de Napoleón y también cabe recordar que las enseñanzas sobre el estudio y preservación de los objetos de arte y de arqueología se iniciaron con Pasteur entre 1863 y 1867 al ocupar la nueva cátedra de geología física y química en la Escuela de Bellas Artes de París, curso que él nos dice<sup>7</sup> “tiene como finalidad la aplicación de una ciencia exacta como punto de apoyo”.

En 1931 se creó el Laboratorio científico del Museo del Louvre, desde 1932 se editan los “Technical Studies in the Field of Fine Arts” por el Fogg Art Museum de la Universidad de Harvard, en 1934 aparece el Max-Doerner Institut en Munich y el antecesor del Institut Royal du Patrimoine Artistique en Bruselas y en 1939 el Instituto Centrale del Restauro en Roma; sólo en 1942 aparece



Castillo de Mora de Rubielos (Teruel). Siglo XIV - XV. Restaurado 1972-1982. Se ha restaurado la estructura original, eliminando aditamentos de nulo valor estético e histórico. Elementos de interés como la capilla, hundida a finales del siglo pasado, se han rehecho reutilizando los elementos originales.

el "Centre de Recherches sur les Monuments Historiques de la France". En 1950 se organiza el "International Institute for Conservation of Historic and Artistic works" en Londres, así como el Comité Internacional del ICOM para los laboratorios de Museos en el seno de la UNESCO y el Comité para el tratamiento de pinturas, aunados ambos actualmente en el Comité Internacional para la Conservación<sup>8</sup>. El ICOMOS, Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, se organizará quince años más tarde como consecuencia del Congreso de Arquitectos y Técnicos de los Monumentos Históricos reunido en Venecia en junio de 1964 que dio luz a la Carta de Venecia y al proyecto de publicar la primera revista internacional consagrada a los problemas de conservación y restauración de los monumentos; esta publicación denominada "Monumentum", recoge desde su primer número estudios científicos y técnicos sobre conservación de materiales y elementos artísticos de los Monumentos españoles<sup>9</sup>, como fruto interesante de la actividad del ICROA de Madrid.

### 3. EL INSTITUTO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE OBRAS DE ARTE (ICROA)

Se crea por Decreto de 16 de noviembre de 1961<sup>10</sup> con la misión de atender "con las garantías científicas y técnicas necesarias a la tarea de restauración y conservación de las obras y objetos de arte, arqueología y etnología" así como a "los elementos artísticos de los Monumentos Históricos Nacionales", atendiendo también a "la formación de los técnicos a los que hayan de encomendarse en el futuro las tareas de conservación y restauración", complementando así, según la introducción, toda una serie de disposiciones esencialmente anteriores a 1924".

Con el asesoramiento de la UNESCO<sup>12</sup> se desarrollan sus actividades paralelamente a las de los otros centros similares que existían en Europa y aquellos otros que con igual asesoramiento de la UNESCO se estaban creando en México, Nueva Delhi, Jos, Otawa, etc..., muy en el marco del "International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property" (ICCROM) creado en

Roma por la UNESCO en 1957. La fundación y primera década de funcionamiento corresponden a D. Gratiniano Nieto<sup>13</sup> por lo que, para conocer bien su obra, es conveniente remitirse al Discurso leído el 3-12-1971 ante la Academia Alfonso X el Sabio en Murcia<sup>14</sup>, documento señaladísimo, como indica en su discurso de contestación D. Luciano de la Calzada, para la historia de la restauración y conservación en España; trata con seguridad los problemas concretos relacionados con el tratamiento de obras artísticas, pictóricas, escultóricas y afronta el difícil tema de la adecuada conservación de los objetos arqueológicos, haciendo una recopilación exhaustiva de los criterios de restauración a través de la historia y sumando lo que puede ser el primer tratado español sobre la moderna implicación de las ciencias experimentales en el mundo del arte, ya que su experiencia al frente del ICROA le permite escribir con conocimiento de causa.

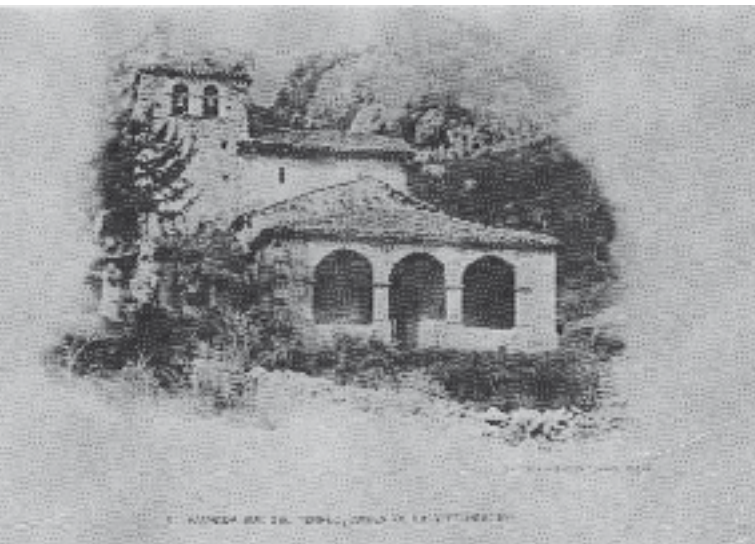
Entendemos que el Instituto constituye la continuación natural, al estilo de los demás países desarrollados o en vías de desarrollo, de las intenciones señaladas en las Conferencias de Roma y de Atenas, y es por tanto consecuencia lógica del espíritu de la ley del treinta y tres cuando alude a la utilización de "todos los medios de la técnica", pues es bien fácil reconocer que sólo un centro especializado de este tipo puede estar al tanto de los sofisticados avances tecnológicos recogidos en las casi cien mil referencias bibliográficas del Art and Archaeology Technical Abstract y transferir estos recursos adaptándolos a nuestras condiciones particulares, cuidando al mismo tiempo del reciclaje de los técnicos que trabajan más o menos aislados en toda la geografía nacional; es evidente que la conservación y restauración ha evolucionado desde el arte y los oficios hacia la ciencia, y que actualmente se parece más a la medicina que a la fontanería, sin sentir sonrojo cuando se la califica de ortopedia remendada, sino

más bien orgullo de labor científicamente bien realizada.

#### 4. LA RESTAURACIÓN INTEGRADA Y CRÍTICA

La razón de ser del ICROA y de sus equivalentes en otros países, puede justificarse por la necesidad de realizar actuaciones integradas y críticas, únicas vías con futuro en las que se creía hace medio siglo y en las que se sigue creyendo. El principio de la conservación integrada, tras haber forzado una etapa de reflexión para sostenerse en una toma de conciencia profunda, nos conduce hacia la búsqueda de una nueva ética para la utilización más prudente y más sensata de todos los bienes patrimoniales de la humanidad, de tal forma que la Conservación del Patrimonio Cultural se inscribe así en una corriente general de pensamiento en la que, infatigablemente, la crítica fenomenológica y el desarrollo científico permiten descubrir y utilizar facetas nuevas. Está claro que ya no nos interesa únicamente la conservación de las más importantes obras de arte, y nos damos cuenta de que, incluso éstas, pierden gran parte de su sentido sin la protección de su entorno inmediato; por otra parte, se amplían nuestros horizontes cuando valoramos las estructuras y el carácter interno de los objetos antiguos e incluso del siglo XIX en el estudio histórico de la tecnología, y este cambio de escala ha ofrecido una perspectiva amplia y clara del complejo problema de la Conservación del Patrimonio Cultural.

Cuando se aceptó, en 1930, que el tratamiento de los Bienes Culturales comportaba al menos tres aspectos fundamentales interdependientes, se inició un camino en el que cada vez ha sido menos frecuente la consideración del problema bajo alguno de estos parámetros con exclusión de los otros. Al aceptar este principio, se modificó y se desplazó el interés primordial de la Restauración hacia el de la Protección y Conservación, pero



Artículo 19 de la Ley de 1933. Una restauración caprichosa: la de la Iglesia de Santa María de Lebeña (Santander), realizada en 1897. La torre se reconstruye en un lugar distinto al emplazamiento original, y el gusto personal del arquitecto incide negativamente en la lectura histórica del monumento.

esta prioridad establecida no excluye que la Conservación se realice en función del aspecto final del objeto y de su adecuada y digna presentación; de esta forma, la fijación de una pintura que se levanta en escamas, va más allá de la protección misma, ya que contribuye a restablecer los planos, la perspectiva y en definitiva toda la unidad pictórica del cuadro y, en contrapartida, la impregnación de una escultura en piedra o en madera, que debe consolidar el material pero sin afectar por ello al aspecto ni al valor plástico de la obra.

La Restauración ha sido definida por Cesare Brandi<sup>15</sup> como "el momento metodológico de reconocimiento de la obra de arte en su consistencia física y en su doble polaridad histórica y estética, con vistas a su transmisión al futuro", y la misión del conservador de Bienes culturales, según la define la Carta de la Restauración (Comisión Papaldo, Roma), consiste en "salvaguardar los valores históricos auténticos de los testimonios del pasado", definiciones que expresan la esencia de esta función. Para conservar la auténtica dimensión cultural de una obra, monumento o conjunto, se ha de mantener dentro de un equilibrio de factores cuya resultante no es la

renovación ni el cambio, sino la permanencia y la estabilidad. No se trata de volver atrás en la búsqueda de un estado original, ciertamente irrecuperable, sino más bien la de buscar mediante una investigación crítica extraordinariamente sensible, el equilibrio actualmente realizable que más fielmente respete los principios que inspiraban esta unidad original perturbada<sup>16</sup>. Nuestra intervención se traduce así en un acto de interpretación crítica destinado a restablecer una continuidad formal interrumpida, en la medida en que esta aun exista actual o potencialmente, intervención que se ha de realizar, insistimos, como hipótesis crítica, siempre modificable, que pueda ser reemplazada por otra actuación más certera si el momento llegara a presentarse.

Barajando por última vez las palabras de siempre, entenderíamos los tratamientos como de restauración de las condiciones de conservación perdidas, situándolos respetuosamente entre el bipolo que definen las exigencias históricas y estéticas. Restaurar no es, evidente ni solo sanar la materia, ni dejar las cosas como nuevas, ni presentar un original fragmentado e incompleto sin el menor intento de búsqueda de su unidad perdida. En cada caso exis-

te una amplia gama de posibilidades de intervención y la toma de conciencia de los muchos grados de libertad en la elección de lo que debe hacerse, da la dimensión justa de la labor del restaurador. Por esto más allá de cualquier teoría, la actitud hoy rigurosa en materia de conservación y restauración: es tratar en primer lugar de asegurar la protección y, a continuación, presentar la obra dentro del respeto al valor documental y artístico que le sea propio. "Conservación y Restauración no son, pues, entidades opuestas sino complementarias, y requieren una misma actitud por parte de los especialistas".

## 5. LA CONSERVACIÓN COMO LABOR DE EQUIPO

Los programas de conservación elaborados sobre estas bases se caracterizan porque su realización exige una íntima colaboración de especialidades, pues "han de concretarse en actos que no pueden escindirse en pura decisión intelectual y pura ejecución material"<sup>18</sup>, con lo que el principio fundamental de trabajo en equipo adquiere una importancia primordial como punto de partida para la Conservación y Restauración del Patrimonio.

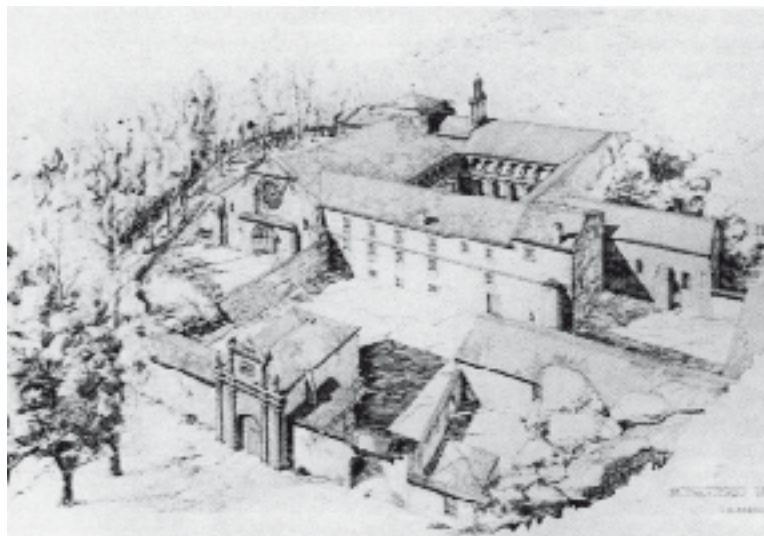
La voluntad de un control, cuando menos tridisciplinario, en el ámbito del ICROA, viene siendo nuestro objetivo y, según este, el Historiador, el Restaurador y el Químico, por lo menos, deben abordar juntos el estudio de los problemas a partir de las observaciones que proceden de sus competencias respectivas, confrontando todos los resultados para obtener la máxima garantía de objetividad.

## 6. CONCLUSIONES

El concepto de conservación y restauración, que encuentra su origen en un estado de espíritu específico de la cultura contemporánea con respecto al Patrimonio, comporta una



Artículo 33 de la Ley de 1933. Grabado romántico y perspectiva actual de Cuenca. El celo mostrado por autoridades y ciudadanos en la defensa de su patrimonio arquitectónico da como resultado una ciudad bien conservada, que ha resistido el flujo prepotente de la especulación urbana y del auge desarrollista mal entendido.



Con anterioridad a la entrada en vigor de la Ley de 1933, técnica tan usual como nefasta por sus dramáticas consecuencias para el Patrimonio Artístico español fue la exportación integral de los monumentos. El dibujo corresponde al complejo arquitectónico del Monasterio de Sacramenia, cuyo claustro y dependencias anejas, fueron desmontados y trasladados a Estados Unidos. La situación que se comenta fue proscrita y erradicada por el artículo 35 de la Ley: "queda totalmente prohibida la exportación total o parcial de inmuebles de más de cien años de antigüedad."

acción nacida de nuestro entendimiento crítico que compara y juzga, por lo que vale hoy en cuanto al conjunto deductivo de pruebas y análisis en que se basa y no por nuestras preferencias personales.

La brutal degradación de nuestro Patrimonio, así como el envilecimiento de nuestro entorno, no pueden justificarse sólo por una falta de especialistas cualificados de la conservación, sino por causas mucho más profundas que cada uno percibe claramente en su entorno, como por ejemplo, el espíritu de lucro y la especulación, el individualismo exacerbado, la pérdida de la conciencia histórica, la tacañería de la administración, etc..., que quizás sólo puedan resolverse mediante una gestión de revalorización de los bienes patrimoniales a partir de un estudio de normativa política del más alto nivel. ■

La conservación es sin duda una cuestión limítrofe entre múltiples disciplinas y actividades, a la que se acercan unos y otros desde distintos puntos de vista, pero sólo se entra en ella cuando al confrontar las distintas apreciaciones intuimos las razones profundas de las acciones que comporta. Aunque en España existen muy importantes Departamentos Técnicos, Servicios, Institutos, Cátedras, etc., actúan como células más o menos aisladas entre las que se deben establecer los nexos multidimensionales capaces de reunirlos en torno a la Conservación, y esta creo que es la más profunda razón de ser de un Instituto de Restauración con R mayúscula, como centro capaz de promover el diálogo entre las especialidades para buscar conjuntamente el objetivo común de la Conservación del Patrimonio.

---

## NOTAS

1 El Artículo 4º del Decreto-Ley de 9 de agosto de 1926, vigente en virtud de lo previsto en la disposición adicional 3ª de la Ley del 13 de mayo de 1933, les confiere el carácter de bienes inmuebles por destino en los monumentos (cualquiera que sea la materia de que estén formados, formen parte de los mismos o de su exorno, o lo hayan formado, etc.).

2 Discursos leídos ante la Academia de la Historia el día 3 de enero de 1932 en la recepción pública de D. Modesto López Otero ("La técnica moderna en la Conservación de Monumentos") y, contestación del Excmo. Sr. D. Elías Tormo. Artes Gráficas Faure, Madrid, 1932. Págs. 4-40.

3 Gómez Moreno, M.: "Catálogo Monumental de España: provincia de León", 1907-1908. Vol. I, Madrid, 1925. Págs. 222-224.

4 Ceschi, C.: "Teoría e storia del Restauro". Edz. Mario Bulzoni, Roma, 1970. Págs. 107-114.

5 Op. cit. Págs. 211-213. Reproduce la "Carta de Atenas" de 1931. Por otra parte, en la publicación del Consejo General de Castilla y León "Patrimonio Arquitectónico de Castilla y León". Soria, 1980. Págs. 57-64, bajo el epígrafe. "La Carta de Atenas (según los principios del urbanismo establecidos en la Asamblea de los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna, celebrada en Atenas en 1933)" se reproducen sólo los 95 comentarios que hiciera Le Corbusier

en 1957 a esta otra carta que sólo en su capítulo VII hace referencia a los monumentos histórico-artísticos y su entorno. Aunque como bien dicen apareció este documento publicado en París en 1941, bajo el título "La Carta de Atenas", es una carta relativa a la arquitectura moderna, diferente, más amplia, distinta de la que nació exclusivamente en 1931 con el convencimiento de que la Conservación del Patrimonio Artístico y Arqueológico de la humanidad interesa a todos los Estados tutores de la civilización; este error también se aprecia en otras muchas publicaciones.

6 "Documents sur la conservation des peintures" en Les Dossiers de l'Office Internationale des Musées, n.º 2, París, 1933, y también en "La Conservation des peintures", Museion, vol. XLI-XLII, París, 1938. Págs. 1-272.

Un amplio resumen de los puntos de vista fundamentales intercambiados en esta Conferencia de Roma en 1930, fueron publicados por: Plenderleith, H. J.: "The Examination and preservation of painting: A Digest", en The Museum Journal. T. XXXII, 1932-33. Págs. 308-396.

7 En "Notes pour les leçons de physique et de chimie appliquées aux beaux arts". Oeuvres de Pasteur, reunies par Pasteur Valleri-Radot. Tomo VII. París, 1939. Págs. 223-262.

8 El Museum, vol. XXXIV, n.º 1. París, 1982, se dedica monográficamente a "La Conservación: Un desafío a



la profesión”, y es un documento irremplazable para conocer la situación actual en el mundo. Aunque existe una edición en español no se ha conseguido aún una distribución amplia entre los restauradores interesados, pese a los múltiples requerimientos efectuados a la Secretaria del Comité Nacional Español.

9 Cabrera, J. M.: “Le portail du Monastère de Santa María de Ripoll. Étude scientifique pour sa conservation”, en *Monumentum*, vol. I. París, 1966. Págs. 83-102.

10 Se creó por Decreto 2415/1961 de 16 de noviembre. Se reorganizó diez años más tarde, por Decreto 2093/1971 con el principal propósito de repartir en tres direcciones (Administrativa, Técnica y de la Escuela) la función unitaria del Director fundador, consiguiéndose la dimisión del mismo y la paralización del Instituto durante casi una década.

11 En el preámbulo del Decreto 2415/1961 se hace referencia a: Real Decreto de 29-11-1901 sobre Restauradores de Museos Arqueológicos; las disposiciones del Real Decreto de 14-5-1920 sobre organización de los Talleres de Restauración de Pintura y Escultura en el Museo Nacional del Prado; la Real Orden de 30-8-1920, que organizó el Servicio de Conservación de Obras de Arte; la Real Orden de 14-4-1924, que constituyó la Junta de Conservación y Restauración de Pinturas y Obras de Arte antiguo y, la Orden Ministerial de 17-5-1941, que aprobó el Reglamento de Régimen Interior del Taller de Vaciados del Museo de Reproducciones Artísticas.

12 Coremans, P.: “Misión UNESCO en Espagne: El Instituto Central de Conservación y Restauración”. Texto fotocopiado. Bruselas, 1963.

13 En noviembre de 1982 hemos celebrado el XX aniversario de la fundación del Instituto realizando una exposición con los trabajos de restauración más importantes realizados ese año, publicando el nº14 de los Informes y Trabajos del Instituto, dedicado al Profesor Nieto, y disponiendo el tercer catálogo de Obras Restauradas.

14 Nieto, G.: “Consideraciones en torno a la Conservación de Bienes Culturales: Aplicaciones prácticas en la provincia de Murcia”. Academia Alfonso X El Sabio. Murcia, 1971. Págs. 7-89.

15 Brandi, C.: “Teoría del Restauro”. Edz. di Storia e Letteratura. Roma, 1963.

16 Philippot, A. et P.: En *Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artlstique*, vol. II, 1959, pág. 5 y vol. IX, 1966, pág. 140. Bruselas.

17 Coremans, P.: “La Conservation des monuments historiques et ses perspectives d'avenir”. *Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique*. vol. III. Bruselas, 1960. Pág. 112.

18 Philippot, P. “Restauración: Filosofía, Criterios, Pautas”. 1<sup>er</sup> Serlacort. Documentos de Trabajo. Seminario Regional Latino-Americano de Conservación y Restauración. México, 1973.

## 1.2. La piedra: Material base



### 1. MATERIALES PETREOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION

El conocimiento de los materiales pétreos utilizados en los monumentos es una información fundamental que debe estar presente, junto con todos los demás datos relativos al edificio, a la hora de estudiar los diagnósticos y los tratamientos (fig. 1). Aunque son cada vez mejores y más frecuentes los estudios que realizan diferentes profesores universitarios en España, suministrándonos datos de inapreciable valor, creemos que, de entre todos los modelos propuestos, deberíamos seguir preferentemente alguno como los de Camerman<sup>1</sup>, Mamillan<sup>2</sup> o del comité Piedra y Mármol del CSTC de Bélgica<sup>3</sup>, pues en una ficha simple y clara se concentran los datos esenciales que necesitamos.

Como primer tema para nuestro trabajo, sugeriría la conveniencia de adoptar un modelo de ficha y examinar por qué camino sería más conveniente plantear su realización, a fin de que pudiéramos disponer de esta información sobre nuestras canteras en el plazo más corto posible. Un modelo de ficha a realizar podría contener: 1) Nombre. 2) Lugar de origen. 3) Variedades. 4) Color. 5) Otras denominaciones. 6) Localización de canteras en la hoja 1:50.000. 7) Dimensiones de las piezas disponibles. 8) Volumen de extracción anual en m<sup>3</sup>. 9) Posición geológica. 10) Caracteres litológicos. 11) Defectos más frecuentes. 12) Características Técnicas: 12.1) Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>). 12.2) Masa volúmica aparente (kg/m<sup>3</sup>). 12.3) Velocidad de propagación del sonido (m/s). 12.4) Anchura de rayado (mm.) 12.5) Porosidad (Po %). 12.6) Conductividad térmica Ap (kcal/m h °C). 12.7) Coeficiente de saturación. 12.8) Diámetro de poros a 10% de Po (μ). 12.9) Resistencia al hielo. 12.10) Clasificación de dureza (en escala AFNOR). 13.) Aptitud para su utilización en exteriores. 13.1) Plintos, zócalos, basamentos. 13.2) Escaleras, repisas de ventana, enlosados. 13.3) Sillería y revestimientos de fachadas. 13.4) Salientes sin protección, como cornisas, balcones, albardillas y molduras. 13.5) Molduras finas, balaustres y esculturas. 14) Referencias de empleo en monumentos y edificios.

### 2. ALTERACIONES y DIAGNOSTICO

#### 2.1. Generalidades

lñíguez<sup>4</sup>, al estudiar las alteraciones en calizas y areniscas de unos veinte monumentos españoles, llega a las siguientes conclusiones generales: 1ª) En los procesos de erosión tiene una importancia fundamental la pre-

sencia de sales solubles. El ataque químico de los componentes de la roca y la disolución del cemento de unión tienen una importancia menor y sólo intervienen en casos concretos. 2ª) Los iones sulfato, cloruro, calcio y sodio tienen una importancia grande en los procesos de erosión, tanto por su abundancia como por la intensidad de su acción. La de nitratos y potasio es escasa, y prácticamente nula la de silicatos, carbonatos y magnesio. 3ª) El tipo de erosión está condicionado por la riqueza en los distintos aniones y cationes. Cada uno de ellos, bien independientemente, bien formando sales determinadas, tiene una acción propia. Los sulfatos sódico y cálcico son características de las zonas de costras, los nitratos y cloruros son más frecuentes en las áreas de conversión en arena. 4ª) Cada ión se concentra en una zona determinada del perfil, condicionada por los demás iones con los que forma sales. En las zonas más erosionadas se acumulan preferentemente los iones sulfato, cloruro, calcio y sodio. Nitrato, mag-

nesio y potasio experimentan en esas zonas un aumento pequeño. Carbonatos y silicatos no sufren apenas variación. Hierro, aluminio y fosfato no aparecen como sales solubles, si bien el primero emigra en forma coloidal. 5ª) En un mismo sillar, en la superficie externa, aún en el caso de rocas bien conservadas, con escasas cantidades de sales solubles, se acumulan los iones sulfato, calcio, cloruro y sodio; con menor intensidad lo hacen potasio, nitrato y silicato. Los carbonatos solubles se reparten homogéneamente por toda la roca, mientras que el magnesio es más abundante en el interior. 6ª) En el caso de los cationes su origen tiene que estar en la misma roca. Los aniones, a excepción de los silicatos, pueden proceder también del exterior. Su abundancia es independiente de la porosidad, y su composición de la que tenga la roca, si bien los contenidos son mayores en las calizas que en las areniscas. 7ª) Las rocas que en cantera tienen un contenido mayor en sales solubles son también más ricas en las zonas alteradas,

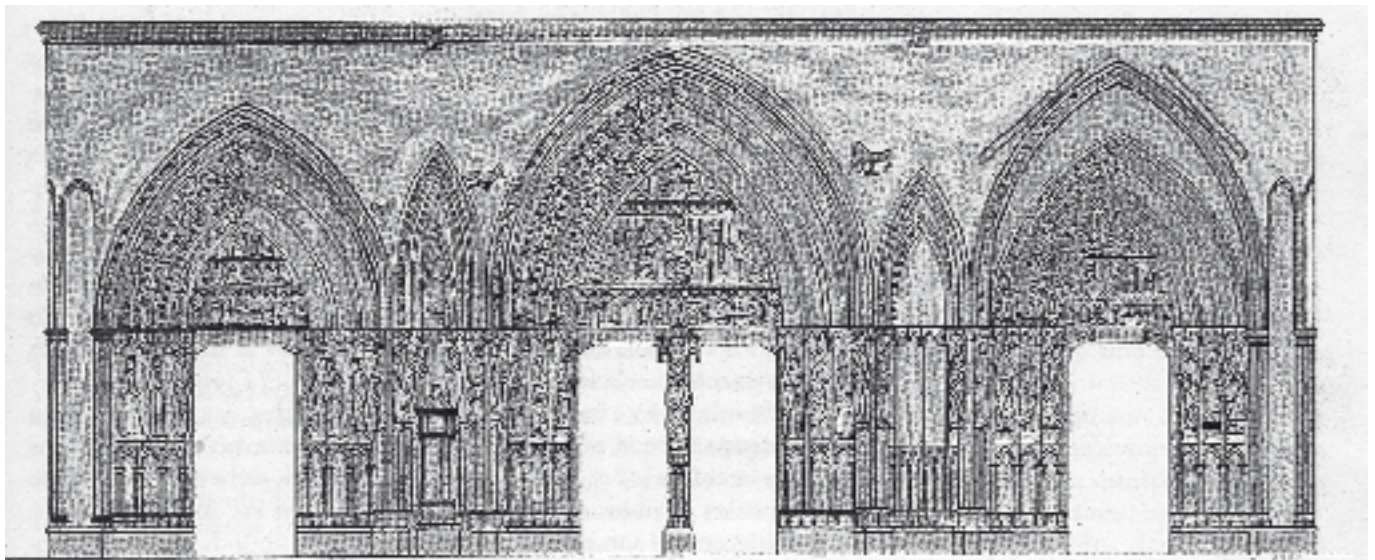


Figura 1. Esquema del pórtico occidental de la Catedral de León, mostrando la distribución de los distintos materiales pétreos utilizados. Inicialmente, la construcción se hizo con la caliza tosca del país para la obra de elevación y la martelilla de Boñar para las esculturas, siendo el zócalo de una caliza más dura, quizás de Villalbal o Valdepiélago y Robles. La cornisa superior de caliza de Hontoria se puso el siglo pasado, sustituyendo a la balaustrada existente. En la actualidad, para estimar las aptitudes de utilización en exteriores de las distintas piedras, determinamos unas series de parámetros fisicoquímicos entre los que destaca la clasificación de dureza en escala Afnor: marrón: dolomía de Boñar; azul: caliza tosca del país; rojo: caliza de Hontoria; amarillo: dura de Villalbal; verde: arenisca de Novelda; negro: piedra toba (bóvedas).

pero las diferencias son pequeñas. Los iones más abundantes en las zonas alteradas son con frecuencia muy escasos en cantera, llegando a faltar en algunos casos. En muy pocos las sales solubles en las rocas envejecidas son más escasas que en cantera. 8.<sup>a</sup>) Los procesos son idénticos, con independencia de las condiciones climáticas, muy distintas de unas localidades a otras, de la posición de las rocas en el edificio y de la situación de éstos, ya estén en ciudades o en el campo.

Baldini<sup>5</sup>, al estudiar los problemas de alteración en Florencia, analiza la acción del  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , cloruros, nitratos, humo, agua de lluvia, agua subterránea, plantas y animales, etc., destacando la importante participación de las sales solubles. Dupas<sup>6</sup> atribuye también a las sales solubles un importante papel en los procesos de erosión y hace una selección de técnicas analíticas útiles para las determinaciones de laboratorio.

Los compuestos de azufre y especialmente los sulfatos se consideran como los más peligrosos. La formación de costras y la presión de hidratación conducen al deterioro de los materiales de construcción, y el grado en que la alteración se presenta está condicionado por la concentración de sulfatos en el agua que contiene la roca; las rocas sedimentarias, debido a su porosidad, son gravemente atacadas por el agua y por las disoluciones salinas. En varios tipos de costras calizas con varias subcapas, en España, ocurre, según Rutte<sup>7</sup>, que la costra es al principio blanda y porosa, gris, blanca o amarilla, pero después de algún tiempo se hace dura por el continuo flujo de carbonato de calcio disuelto que va a la superficie y su color cambia a amarillo, rojizo o marrón; la uniformidad de la costra se destruye por la aparición de estalladuras (fig. 2), por conversión en yeso, por la transformación de piritas y marcasitas incluidas en la estructura de la piedra, etc. El aire contaminado y también los sulfatos del suelo y otras sales, arrastrados por el agua al interior de



Fig. 2. Catedral de Palma de Mallorca. La aplicación de alumbre férrico a la superficie de la piedra origina la formación de ampollas, fenómeno este muy generalizado en la fachada principal. Aunque este alumbre tiñe muy bien las calizas blancas, es sabido que "quema" la superficie y genera el tipo de alteración que muestra la imagen. Actualmente, técnicos mal informados están aplicando el alumbre directamente en alguna fachada monumental, lo que ocasionará daños. La aplicación correcta del alumbre, según nuestra información, lo considera como un ingrediente de una formulación más compleja en la que desempeña el papel de protector de la cola animal.

los muros, pueden ser responsables de las costras. Según Kolarov y colaboradores<sup>8</sup>, las superficies de caliza que permanecen largo tiempo húmedas son las primeras en desarrollar costras de yeso y se oscurecen rápidamente por el polvo y la suciedad; eventualmente estas costras se descarnan. Los bloques calizos que contengan sales de hierro se ponen rojizo-marrones después de estar expuestos al aire húmedo y pueden llegar a desintegrarse por el aumento de volumen que acompaña a la hidrólisis de los compuestos de hierro; lo mismo sucede con bastante frecuencia para el mármol.

En un artículo respecto a la estructura cristalina de las calizas, De Henau<sup>9</sup> ha sugerido que el grado y distribución de la cristalización de la calcita es importante para el conoci-

miento de la alteración; medía sobre láminas delgadas de calizas tres parámetros: 1.º) % de macroporos de diámetro medio mayor de 30,50 micras, 2.º) % de estructuras compactas, y 3.º) % de estructuras micro o criptocristalinas o fibrosas, generalmente microporosas. Comparando estos parámetros con las porosidades medidas en pequeños bloques de la misma roca, llegó a la conclusión de que en el caso de que los oolitos estén embutidos en una matriz microcristalina, el contacto con sulfatos lleva a una desintegración muy importante ya que la presión de expansión característica de la conversión del carbonato de calcio en sulfato de calcio con dos moléculas de agua, no se puede absorber por la masa cristalina compacta; por otra parte, tipos de calizas consistentes en oolitos que estaban conectados unos con otros por medio de una masa porosa, podían absorber tal presión y resistir la acción de las soluciones de sulfatos; las limitaciones del método son muy grandes.

En areniscas con cemento calcáreo la corrosión es generalmente del mismo tipo que para las calizas; un notable fenómeno de deteriorización, según Iñiguez<sup>9</sup>, es la disolución del constituyente silíceo del cemento dando ácido silícico coloidal. Las areniscas como material de construcción aguantan relativamente mejor las condiciones desfavorables; se ha publicado por Delvert<sup>10</sup> un extenso estudio sobre la erosión y formación de costuras sobre las areniscas de los monumentos de Camboya.

Las rocas ígneas en los monumentos son estables en contacto con el agua pero su estabilidad se ve disminuida por los cambios de temperatura, ya que la erosión que resulta de la expansión/contracción alternante, las hace porosas desde la superficie hacia el interior y el agua penetra. Los granitos y el basalto están fuertemente afectados por este tipo de deteriorización ya que, después de las pérdidas mecánicas de la superficie, las disoluciones acuosas penetran y disuelven el feldespato,

etc. Este tipo de alteración se ha observado por Burgues y Schaffer<sup>11</sup> en la alteración del granito rosado de La aguja de Cleopatra en Londres y también Vôte<sup>12</sup> lo ha reconocido en los bloques de andesita de Borobudur en Java.

La aparición de una eflorescencia blanquecina o amarillenta, que se ha llamado *mondmilch*, sobre las rocas, parece ser el resultado de un proceso complejo que implica la acción de microfloras amonificantes y reductoras del hierro sobre inclusiones calcáreas, dolomíticas o de fosfato cálcico; una forma criptocristalina de la calcita, la *lublinita*, se ha sugerido por *jatón*, Pochon, Delvert y Bredillet<sup>13</sup> como típica del *mond-milch*, pero la presencia de arcilla y cuarzo pueden modificar mucho su constitución; el *mond-milch* generalmente no es perjudicial para las rocas, pero puede oscurecer las esculturas, como en Borobudur, o tapar los contornos de las pinturas como en Lascaux.

Sharma<sup>14</sup> ha publicado la alteración de un monumento de esteatita en la India, indicando que los responsables de este caso particular fueron un depósito grande de hollín y excrementos de murciélagos; la murcielaguina en particular suministró la materia orgánica base para el desarrollo de una acción bacteriana; la producción de ácidos hacen al agua de lluvia más agresiva y esto contribuye a la alteración del talco en arcilla.

#### 2.1.1. Acción de la temperatura

La estructura de los edificios no es homogénea, y al aumentar la temperatura los distintos materiales sufren diferentes expansiones de su volumen y esto puede causar daños. Además, según Warnes<sup>15</sup>, cuando la roca se enfría no se contrae la misma cantidad y esta modificación que es permanente contribuye también a la erosión.

El coeficiente de dilatación térmica de los minerales constituyentes de una roca son diferentes entre ellos y muchos cristales tienen expansiones diferentes según diversas direcciones, por lo que los cambios de temperatura causan tensiones internas que producen rotu-

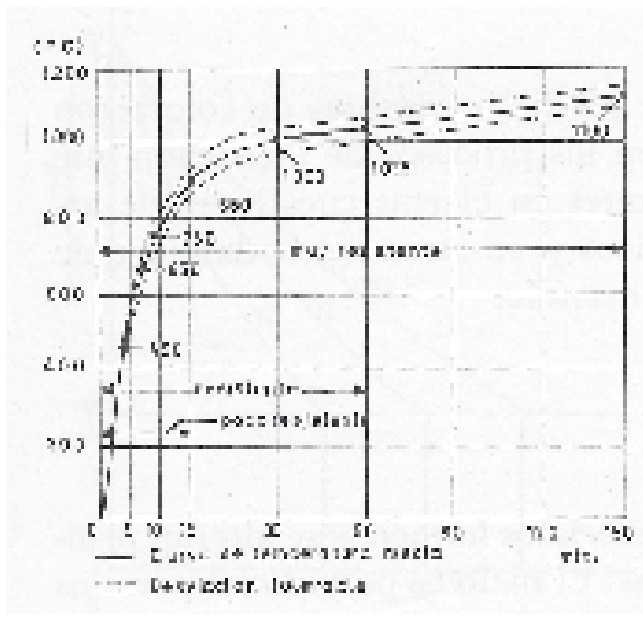


Fig 3. Curva de resistencia al fuego. (DIN-DVM 4102).

ras. Según Kieslinger<sup>6</sup>, debido a que la calcita tiene una dilatación más fuerte según su eje principal, un calentamiento repetido hace saltar los granos de calcita y un mármol se deshace en granos. Según Sneyers<sup>17</sup>, este fenómeno de anisotropía térmica produce a veces en los mármoles, incluso en las regiones templadas, importantes deformaciones por deslizamientos de los planos cristalinos entre ellos, hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio que se manifiesta por una deformación permanente.

Por otra parte, el coeficiente de conductividad térmica varía para las calizas entre 0,8 y 2,5 kcal/m/h/°C, según que sean blandas o duras respectivamente, llegando a valer sólo 3 en las rocas eruptivas. Tan baja conductividad térmica, unida a las considerables variaciones de temperatura que pueden producirse entre el día y la noche, entre las zonas al sol y a la sombra, entre el núcleo de una piedra y su superficie, etc., pueden hacer que nazcan tensiones capaces de provocar roturas y deformaciones.

Kieslinger piensa<sup>18</sup> que en muchos casos lo que ocasiona los daños es la relajación que se produce en los materiales después de haber

estado sometidos a fuerte insolación y explica por este procedimiento la formación de placas en la superficie de los granitos y areniscas de Nubia así como en la arenisca eocénica del templo de Abu Simbel. Schaffer<sup>19</sup>, en el caso tan general de calizas sulfatadas, atribuye el levantamiento de costras a la acción de variaciones térmicas, puesto que la superficie transformada en yeso se calienta más y tiene una dilatación térmica cinco veces mayor que la calcita subyacente; de esta forma, las contracciones y dilataciones repetidas acaban por separar la costra sulfatada del material de base.

También las variaciones de temperatura del agua en el interior de los poros de una roca puede provocar una cierta erosión puesto que el coeficiente de dilatación del agua es muy superior al de las rocas y también, siguiendo a Sneyers<sup>20</sup>, las variaciones de humedad reguladas por las variaciones de temperatura pueden desunir los cristales al transformarse en gotitas una película de agua intergranular, puesto que se modifica la presión capilar que es inversamente proporcional al radio de curvatura.

Pero la importancia capital de la temperatura, sin llegar a heladas o fuego, es indirecta, puesto que regula la humedad en los poros de la roca, la solubilidad de los gases y de las sales disueltas, la velocidad de las reacciones químicas y especialmente la hidrólisis que se duplica aproximadamente para una elevación de temperatura de diez grados centígrados.

Respecto a los daños causados por los incendios, son numerosísimos los ejemplos en los monumentos. En estos casos, el calor a que están sometidos los materiales pétreos es máximo y la velocidad de calentamiento es grande; pero la transmisión del calor al interior de la piedra se realiza lentamente y, por esto, el interior continúa estando frío mientras que el exterior se ve sometido a una rápida dilatación que hace que salten trozos de piedra, tendiendo a redondear las formas.

Este fenómeno se produce en todas las piedras, pero en aquellas que contienen cuarzo se producen además los efectos del cambio de estructura a 575 °C y que va acompañado de una brusca dilatación que hace explotar a los materiales que lo contienen.

Según Mamillan<sup>21</sup>, los muros de piedra tienen la ventaja sobre otros materiales, de tener un buen comportamiento en caso de incendio y, según Kieslinger<sup>18</sup>, la opinión de que las calizas no son resistentes al calor de un incendio porque se recuecen está en contradicción con su experiencia y con el hecho de que, en incendios normales, ni la duración del fuego ni la temperatura que alcanzan los materiales son suficientes para descomponer las calizas.

El calentamiento de las piedras suele producir cambios de coloración que aun sin tener mayor incidencia en los procesos de alteración que los mencionados, pueden ser importantes en ciertas cuestiones de arqueología para confirmar datos históricos y, en otros casos, dan idea de la temperatura alcanzada durante el incendio.

### 2.1.2. Daños por el hielo

En países fríos y en la montaña, los materiales húmedos se alteran principalmente por la acción de las heladas. El hielo es perjudicial para los materiales porosos porque el agua al congelarse aumenta de volumen un 9% aproximadamente y puede hacer que se desagreguen los materiales que impregna. Se ha podido comprobar que la presión ejercida por la congelación brusca del agua a -5° C es del orden de 500 kg/cm<sup>2</sup> y en estas condiciones el hielo no tiene tiempo de extenderse ni dentro de los poros vacíos ni al exterior. Pero estas condiciones de congelación repentina no se dan siempre, sino que más bien la formación de hielo se produce paulatinamente, y por otra parte, el deterioro se observa también cuando un líquido como por ejemplo el nitrobenceno se hiela dentro de los poros sin aumento de volumen<sup>22</sup>.

El mecanismo de congelación del agua en el interior de los poros, se explica actualmente de la siguiente manera. Cuando un poro está lleno de agua, y se enfría por debajo del punto de congelación, se empiezan a formar depósitos laminares de hielo desde el menisco hacia adentro. Las moléculas quedan inmobilizadas en la partícula de hielo, y por debajo de ella el movimiento molecular disminuye creándose una diferencia de presión entre el frente de congelación y el resto del agua en el capilar; para restablecer el equilibrio el agua migra hacia la partícula de hielo y, debido a que la tensión superficial del agua es mayor que el peso del hielo, hace que la partícula se levante y el agua se extiende sobre ella aumentando así de tamaño y haciéndola migrar en el capilar; de su formación resulta un drenaje de los capilares próximos y la partícula de hielo, en forma de lenteja, puede crecer en una zona localizada ejerciendo una gran presión sobre las paredes del capilar; Esto explica por qué en las estructuras porosas que contienen grandes poros, el hielo puede formarse sin que se produzcan presiones destructivas.

La interpretación del fenómeno, por tanto, ha evolucionado y se ha modificado la valoración del mismo. En 1908 Hirschvald<sup>23</sup> estudió la alterabilidad por el hielo de los materiales en función de su porosidad y en relación con la teoría del aumento del 10% en el volumen del hielo; definió un coeficiente de saturación  $C_s$  dado por la relación entre el volumen de poros fácilmente accesibles y el volumen total de poros abiertos. Según esta teoría, como el valor máximo de  $C_s$  sería de 0,9 aproximadamente, el hielo actuaría cuando los poros estén llenos en sus 9/10 partes; la experimentación comprobó la validez de esto y se vio que para un valor de  $C_s$  inferior a 0,8 no existe peligro de roturas por el hielo.

Para obtener el valor de  $C_s$  se dictaron las Normas Din 52103 y 52105, consistentes en determinar por un lado el aumento de peso

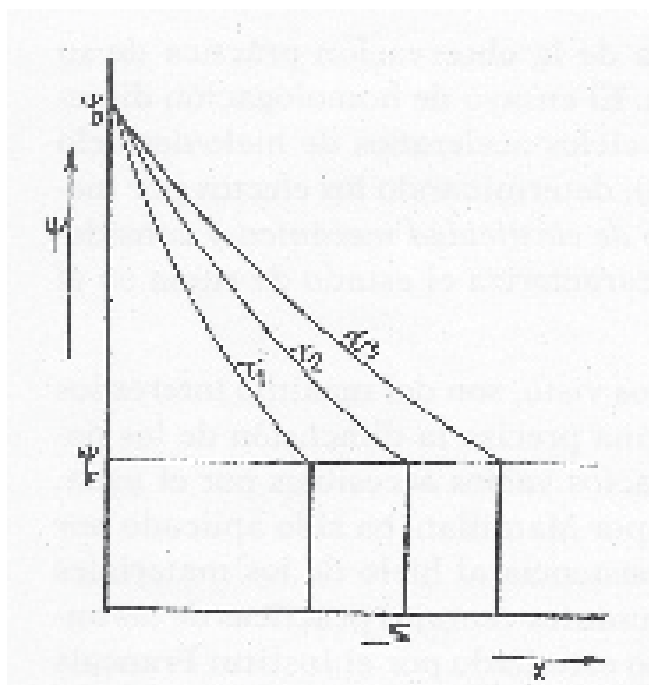


Fig 4 Proceso de absorción de agua: Distribución del agua ( $\psi$ ) en un material poroso a diferentes tiempos ( $t$ ).

$\xi$ : Situación del frente de agua.

$\psi_c$ : Contenido crítico.

$\psi_0$ : Contenido máximo.

Según Vos (25).

de las muestras después de una inmersión paulatina en agua durante 24 horas y, por otra parte, el aumento de peso producido por la impregnación total de los poros abiertos aplicando vacío y luego una sobrepresión de 150 atmósferas. Es importante señalar que las pruebas realizadas demuestran que el daño por el hielo no es proporcional a la porosidad sino que depende más bien de la morfología de los poros, esto es, que una piedra con una porosidad grande puede ser menos alterable por el hielo que otra más compacta, porque lo que interesa es la facilidad con que se alcanza este valor y para los poros grandes es más difícil que se llenen totalmente.

En los últimos años se han realizado investigaciones más amplias sobre estos pro-

cesos, especialmente recogidas en los coloquios del RILEM (Reunión Internacional de los Laboratorios de Ensayos y de Investigaciones sobre los Materiales y las Construcciones)<sup>24</sup>. Actualmente se reconoce por unanimidad que todos los materiales pueden ser destruidos por el hielo cuando la cantidad de agua incluida dentro de los poros alcanza el contenido crítico (contenido de agua constante a distintos tiempos), con lo cual se provoca una expansión tal que se alcanza en el material el alargamiento límite de ruptura (figura 4).

De todas formas, esta hipótesis general es también un poco simplista puesto que en la realidad los fenómenos no son puros, ya que existen muchas veces heterogeneidades locales en el contenido de agua, o gradientes de temperatura que provocan tensiones en zonas particulares, y también sucede que aún sin alcanzarse el alargamiento límite se produce un fenómeno de fatiga debido a la repetición de las contracciones y expansiones bajo el efecto de la formación y fusión del hielo.

Cuando un monumento se acabó de construir, colocando cada material en la parte de la construcción correspondiente a sus propiedades intrínsecas, poco tiempo después las piedras perdieron la parte peligrosa de su "agua de cantera". En ese momento, ninguna piedra es, en sí misma, alterable o no alterable por el hielo, puesto que esto depende de que contenga en sus poros la cantidad de agua crítica. Los materiales pétreos, en función de su exposición en las distintas partes de los monumentos, y también en función de la estructura de sus poros, son capaces de absorber agua y de alcanzar o no este valor crítico.

En 1967, Mamillan<sup>26</sup> publicó sus investigaciones experimentales del daño por el hielo en calizas y hormigón. Basándose en las teorías modernas sobre el mecanismo de la expansión del agua en los poros al congelarse, ha demostrado que para responder de una forma razonable al problema de resistencia al hielo de los materiales, es necesario tener en





Fig 5. Trabajos de sustitución de sillares afectados por la ascensión capilar de agua en la concatedral de San Pedro de Soria. Este tipo de reparaciones se ven frecuentemente y tienden a mejorar el aspecto externo de las zonas erosionadas. Desgraciadamente, al no poner solución al movimiento unidireccional del agua absorbida por la masa del relleno del muro, ocasionan una ascensión mayor en las zonas interiores y exteriores próximas, por la menor permeabilidad de la roca nueva que reduce el grado de evaporación.



Fig. 6. Institut Technique de Batiment et Travaux Publics, París. Muros experimentales para contrastar la eficacia de soluciones. Las sondas instaladas permiten el estudio continuo de la humedad, permitiendo verificar el contenido y la distribución del agua antes y después de la aplicación de los distintos sistemas “y productos existentes en el ‘ mercado, lo que ha permitido decantar razonablemente la información existente.

cuenta dos factores: “estructura del material” y “ambiente de exposición”. Esta concepción nueva del problema, modifica el razonamiento clásico de que una piedra de construcción era o no alterable por el hielo, puesto que de lo que depende este riesgo es de las posibilidades de absorción de agua por los materiales, esto es, del emplazamiento en una construcción determinada y de su estructura interna. Según esto, la resistencia de las rocas al hielo se puede determinar en el laboratorio por dos métodos experimentales complementarios: un ensayo rápido indirecto y un ensayo de homologación directo, que permiten situar el emplazamiento correcto de la piedra en la construcción.

El ensayo rápido indirecto consiste en determinar la porosidad total y la cantidad de agua absorbida. Mamillan<sup>21</sup> representa el coeficiente de absorción en función de la porosidad y delimita cinco zonas para la colocación correcta de las piedras en los edificios, que están también de acuerdo con la experiencia deducida de la observación práctica de su comportamiento en los monumentos. El ensayo de homologación directo consiste en someter el material a ciclos acelerados de hielo/deshielo (a  $-15^{\circ}\text{C}$  en el aire y a  $+5^{\circ}\text{C}$  en agua), determinando los efectos por medida de las variaciones en el módulo de elasticidad mecánico y considerando que una disminución del 5% caracteriza el estado de ruina en el material.

Estudios de porometría como hemos visto, son del máximo interés los métodos para determinar de una forma precisa la dimensión de los poros abiertos que constituyen los espacios vacíos accesibles por el agua. El porosímetro a mercurio utilizado por Mamillan, ha sido aplicado por Gérard<sup>27</sup> a la determinación de la resistencia al hielo de los materiales de construcción, reavivando las interesantes ventajas prácticas de las antiguas teorías. El instrumento ha sido estudiado por el Institut Français du Petrole (IFP) y el Commissariat a l’Energie Atomique (CEA), habiendo sido realizado por la Société Nationale de Matériel pour

la Recherche et l'Exploitation du Petrole (SN. MAREP). El principio experimental consiste en inyectar el mercurio (Hg) a presión dentro de los poros del material, a fin de vencer las fuerzas de tensión superficial que se oponen a su penetración, dado que el ángulo de contacto del menisco de Hg con las paredes del capilar es superior a  $90^\circ$ ; estas fuerzas de oposición son vencidas cuando se aplica una presión, tanto mayor cuanto menor sea el radio de los capilares, y la medida del volumen del Hg inyectado a cada presión permite determinar el radio de los poros. El aparato desarrolla una presión máxima de  $1.000 \text{ kg/cm}^2$  y ofrece la posibilidad de detectar las cavidades inferiores a una centésima de micra.

La subida por capilaridad del agua en los materiales (figs. 5 y 6) imputable a la fuerza de atracción del menisco de agua, es función del radio medio de estos capilares. Gérard define así un diámetro de poros crítico para la alterabilidad por el hielo, determinando el valor del diámetro de los poros que corresponden a un 10% de la porosidad abierta alcanzada por el mercurio, que denomina  $d_{10}$ , y define la regla siguiente:  $d_{10}$  medio menor que 2 micras: material no resistente.

$d_{10}$  medio, mayor que 3 micras: material resistente.

### 2.1.3. Contaminación atmosférica

El aumento de la contaminación del aire en áreas urbanas e industriales, está cambiando la proporción de ingredientes perjudiciales en el aire. Waller<sup>28</sup> recoge algunos datos históricos y nos indica que el problema se inicia en el siglo XIII con el uso del carbón: en 1309 se creó en Londres una comisión para impedir su empleo y en 1661 se hizo notar a los industriales de Londres que "éste horrible humo oscurece nuestras iglesias, hace que nuestros castillos parezcan viejos, etc.". La contaminación ha ido en aumento pero, en los últimos años y en Londres, ha disminuido notablemente gracias al empleo de combustibles con

menos impurezas, a la mejor regulación de los hornos para ampliar el grado de combustión y otras medidas por el establecimiento de controles eficaces.

Cada año se aportan al aire cientos de millones de toneladas de contaminantes y esto es debido principalmente a la combustión incompleta en las instalaciones domésticas e industriales, al quemado de basuras, a los motores de explosión y al empleo de combustibles fósiles con compuestos de azufre, etc. Sabemos que el aire es limitado y que lo contaminamos al usarlo como vertedero de subproductos; esto se agrava en muchos casos por una mala ventilación como sucede cuando las montañas altas disminuyen el movimiento del aire o cuando las capas frías de la atmósfera impiden la renovación vertical y la dispersión de los contaminantes: las "inversiones de atmósfera" son frecuentes y ocurren en todas las partes del mundo. En zonas industriales o muy pobladas de Occidente, pueden alcanzarse concentraciones muy grandes de contaminantes y podemos llegar a sentir físicamente sus efectos, en nuestro propio organismo (malos olores, irritación en garganta, ojos, etc.), en el exterior de edificios y monumentos e incluso en el interior y en objetos guardados que se ensucian y se alteran, así como por el daño causado a los vegetales, de tal forma que estas marcas producidas por los contaminantes se pueden utilizar como un índice del grado de contaminación y ayudan a conocer el tipo de agente que ha causado el daño. Por el momento, la principal fuente de contaminantes es la combustión y uno de los síntomas que le acompañan es el humo que puede verse sobre cualquier gran ciudad o zona industrial al viajar en avión.

Los contaminantes que más nos interesan desde nuestro punto de vista, porque participan activamente en la alteración de las rocas y de sus minerales constituyentes, son: los anhídridos del azufre sulfuroso y sulfúrico, los del nitrógeno nitroso y nítrico y el anhídrido

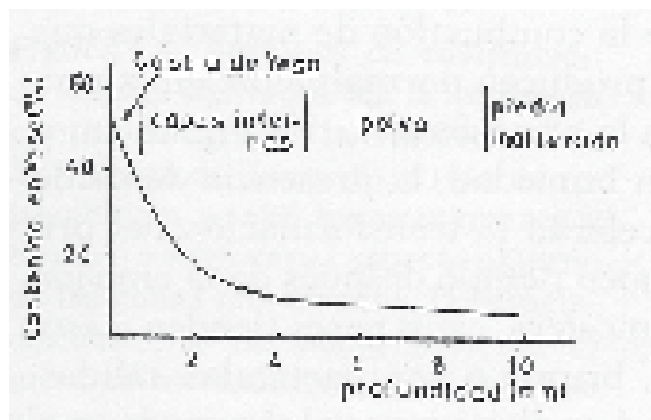


Fig 7. Composición de una costra de sulfatación sobre calizas. Según Romanovski (34).

carbónico, así como las impurezas sólidas y líquidas en especial el hollín, polvo, etc., en donde también se encuentran concentrados los gases mencionados junto con otros productos de la pirólisis de los combustibles. El agua de la atmósfera disuelve los gases en forma de iones, actuando principalmente sobre las piedras en forma de disoluciones ácidas. Para el estudio de estos fenómenos nos hemos basado principalmente en el trabajo de Thomson<sup>29</sup> y desde un punto de vista general en la obra de Magill<sup>30</sup> y colaboradores.

En las proximidades del mar y zonas desérticas, el aire contiene cantidades importantes de sales, cloruros, sulfatos y nitratos principalmente. Cerca de industrias específicas la contaminación puede deberse a otros elementos, como por ejemplo el polvo de cemento, pero estos casos particulares no serán considerados aquí.

Por acción de los contaminantes en los edificios monumentales de las grandes ciudades y zonas industriales, la enfermedad dominante en las piedras es, sin ninguna duda, la "sulfatación". El  $\text{SO}_2$  y el  $\text{SO}_3$  son los componentes que participan activamente en esta forma de deterioración y proceden principalmente de la combustión de materiales que contienen azufre. Estos anhídridos se producen normalmente en la proporción 10/1 respectivamente

pero, en la atmósfera, varios mecanismos de oxidación conectados con la luz, la humedad, la presencia de óxido férrico, pentóxido de vanadio, etc., aceleran la transformación del primero en el segundo de tal forma que poco tiempo después de la emisión la relación es a favor del  $\text{SO}_3$ . En la atmósfera, estos gases tienden a asociarse con gotitas de agua de niebla, bruma o con partículas sólidas, constituyendo aerosoles. Para el  $\text{SO}_3$ , la presión parcial de vapor, menor que  $10^{-4}$ , es capaz de reducir el punto de rocío del sistema  $\text{SO}_4\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}$  pudiéndose formar aerosoles de ácido sulfúrico a las temperaturas normales; para las partículas sólidas en suspensión el fenómeno se debe a su capacidad de adsorción y a su higroscopicidad.

Lo que llamamos humos son en realidad emisiones compuestas por gases, partículas sólidas (polvo, cenizas, hollín, etc.) y líquidas (condensaciones de productos sin quemar como el gasoil o productos de la pirogenación como los alquitranes). El tamaño de estas partículas puede variar desde submicrométricas hasta las que tienen una fracción de milímetro. Las más grandes, que son también por regla general las más pesadas, se depositan pronto y constituyen la fracción denominada "sedimentable", pero las más ligeras, por ser pequeña su cantidad de movimiento (mv), son arrastradas según las líneas de flujo del aire y pueden difundirse mucho. En estos aerosoles, por ser termodinámicamente inestables, las partículas acaban por unirse formando otras más grandes y pesadas que también se depositan sobre los materiales; este fenómeno se puede producir en las partículas líquidas porque las gotas pequeñas se evaporan por su mayor tensión de vapor, haciendo que aumente el tamaño de las grandes, (regulado a su vez por la presión del vapor de agua en el aire y por las impurezas higroscópicas que contengan; además muchas partículas están cargadas eléctricamente y el signo de la carga depende del proceso de dispersión en cada

sistema de aerosol, lo que puede hacer que se unan entre ellas.

Los mecanismos que hacen que estos gases entren en contacto con la superficie de las piedras cubriéndolas e impregnándolas gradualmente, son principalmente debidos a: la lluvia que lava la atmósfera, la acción de la gravedad sobre las partículas de polvo que llevan adsorbidos los gases y la humedad, la acción de los aerosoles líquidos o sólidos por coagulación o por atracción eléctrica (los materiales pétreos suelen estar cargados negativamente), y también tiene marcada influencia la conductividad térmica de la piedra, pues cuanto mayor sea ésta más rápidamente se enfriará el material y mayor será la condensación de los aerosoles.

Los efectos del aire contaminado sobre los edificios han sido revisados recientemente por Schaffer<sup>32</sup> y los efectos específicos del  $\text{SO}_2$  sobre los materiales de construcción han sido tratados por Stambolov<sup>33</sup>, entre otros. Los procesos de corrosión suceden a la interfase ácido sulfúrico/piedra, y conducen a la transformación de los materiales calcáreos (calizas, mármoles, enlucidos, morteros, pinturas al fresco, etc.) en yeso, a la formación de sales de Candlot a partir de materiales que contienen alúmina, a la alteración de minerales de hierro y otros metales, así como a la aparición de los extremadamente perjudiciales sulfatos de sodio y magnesio.

La acción del ácido sulfúrico sobre el carbonato de calcio empieza por la descomposición del carbonato y, de la disolución precipita el  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  generalmente en forma de un agregado cristalino aunque para pH comprendido entre 3 y 6, se forman agujas finas y largas que por contener mayor superficie interna pueden adsorber mayor cantidad de sustancias extrañas, las cuales colorean en gris, marrón o amarillo las costras formadas sobre las piedras.

Las costras de sulfatación estudiadas por Romanovski<sup>34</sup> sobre calizas de monumentos de Francia, tienen un espesor de 0,1 a 1 mm y están compuestas por 20-30% de sulfatos (principalmente yeso), 2-20% de carbonatos, 0,2-0,5% de cloruros y 0,2-0,3% de compuestos de hierro (fig. 7). A 1 cm de profundidad, la roca tiene la misma composición que en la cantera. Entre la costra y la roca inalterable hay varias capas con diferentes contenidos en sulfatos.

Mamillan<sup>35</sup> al estudiar las características del estado de superficie en piedras calizas sulfatadas de Francia llega a las siguientes conclusiones: 1ª) la dureza, sobre todo para las piedras porosas, ha aumentado incluso hasta un 60% respecto a la parte interna, 2ª) la densidad aumenta incluso hasta un 25% respecto al material subyacente y es también más considerable para las piedras porosas, 3ª) la permeabilidad al agua de la parte superficial se reduce hasta el 50% pero nunca resulta totalmente impermeable, 4ª) la evaporación disminuye y para piedras muy porosas puede resultar muy compacta y las posibilidades de evaporación de las piedras se reducen hasta en un 50%, 5ª) la composición química de las muestras estudiadas indica que se ha producido una disminución en el contenido de carbonato de calcio y que están compuestas por sulfato de calcio como elemento mayoritario.

Teniendo en cuenta que la solubilidad del yeso en agua es grande relativamente (202 mg en 100 gr de agua) y que la presencia de otras sales aumenta la solubilidad todavía más, así como la presencia de otros sulfatos como los de sodio y magnesio, muy solubles y capaces de formar cristales hidratados de gran volumen, se comprende que las repetidas disoluciones de estas sales acaben por disgregar las capas superficiales de las piedras.

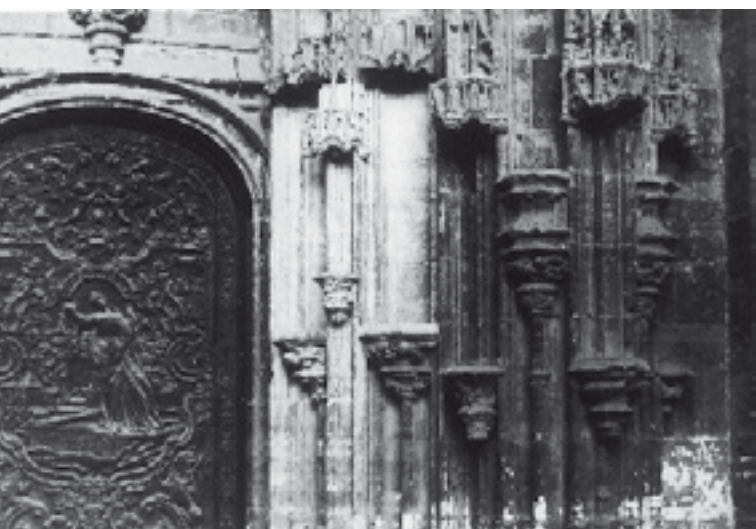


Fig. 8. Catedral de Oviedo. Pórtico principal. Prueba de limpieza en la chambrana de la puerta central. Aunque esta zona de la Catedral se ha tenido como ejemplo de ennegrecimiento y alteración por atmósfera contaminada, al estilo de otros monumentos de centroeuropa, y en varias ocasiones se han propuesto planes de limpieza con chorro de arena, etc., como se hizo con la torre románica de la Catedral y con casi todos los edificios antiguos de la ciudad, una limpieza cuidadosa pone de manifiesto la epidermis original rojiza y tersa, perfectamente conservada a excepción de la parte baja afectada por humedades ascendentes de capilaridad. A la vista de estos casos, se hace preciso revisar nuestra interpretación de las "superficies sulfatadas; distinguiendo los tratamientos de superficie originales de las transformadas por acción de los contaminantes atmosféricos.

#### Solubilidad del Yeso en disoluciones de Cloruro de Sodio (20 °C)

ClNa (gr)	SO <sub>4</sub> Ca.2H <sub>2</sub> O (gr/Kg)
0	2,02
0,29	2,70
5,85	3,15
11,70	3,75
14,62	4,00
29,25	4,70
58,50	6,00

En los monumentos, las costras de sulfatación se forman principalmente en las superficies protegidas de la lluvia, esto es, en las caras expuestas al NE, en la parte baja de las cornisas y también dentro de los huecos de los modelados que no se lavan fácilmente (fig. 8). Cuando la piedra no resiste a los humos, la costra se desprende de la piedra, se forman ampollas, se desagrega y se exfolia, dejando al descubierto una superficie pulverulenta fácilmente erosionable por la lluvia y el viento. Un hecho interesante consiste en que las costras de sulfatación se forman también sobre piedras no calizas y sobre los ladrillos, pero un atento examen revela casi siempre que esto se produce cuando por encima de estos materiales hay piedras calizas o morteros de cal, los cuales cargan el agua de sulfato de calcio que se deposita sobre los materiales subyacentes. Esto también puede deberse a que el polvo natural puede haber actuado como neutralizante del agua de lluvia ácida; el polvo natural está compuesto principalmente por polvo eólico procedente de los campos de cultivo o de las zonas más desérticas y contiene compuestos carbonatados y minerales de arcilla capaces de reaccionar con el ácido sulfúrico y, esto permite explicar el relativamente alto contenido de calcio en la atmósfera y en el agua de lluvia.

También los ladrillos, que han sido cocidos a una temperatura de unos 900 °C, adquieren rápidamente una superficie oscura en contacto con el aire contaminado y húmedo, mientras que los ladrillos refractarios conservan largo tiempo su color original. Stenestad<sup>36</sup> supone que, en los ladrillos de cocido normal, un sistema capilar submicroscópico mantiene la humedad superficial y atrae el polvo, mientras que los refractarios se secan pronto y carecen de la humedad necesaria para fijar las partículas de polvo. Una diferencia similar se observa entre las rocas sedimentarias,

morteros y yesos que se ensucian mucho y las rocas ígneas que se conservan mejor.

Aunque parece que el  $\text{SO}_2$  es la causa principal de la alteración de las piedras calizas y dolomías, debemos señalar que sólo una parte de las utilizadas en construcción son alteradas por los humos: como dijimos, las causas de deterioro son más amplias y esto hace que la resistencia de las piedras a la atmósfera contaminada sólo se conozca aún de forma empírica por medio de la observación de su comportamiento en los monumentos.

Los nitratos se añaden a la atmósfera durante los procesos de combustión, aunque también es frecuente encontrar un contenido alto (desde  $2,9 \text{ ug/m}^3$  a  $8,4 \text{ gr/m}^3$ ) en zonas tropicales y subtropicales después de intensas tormentas eléctricas. Se acepta que los nitratos, en parte formando ácido nítrico, contribuyen activamente a la corrosión de las piedras. Por otra parte, estos gases contaminantes sufren una alteración fotoquímica al mezclarse con los hidrocarburos presentes también en el aire, dando oxidantes fuertes; el nivel oxidante se mide generalmente como el contenido en ozono, producido también durante las tormentas, el cual transforma rápidamente al  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$ . El amoníaco indica actividad humana y descargas eléctricas en la atmósfera, pudiendo oxidarse para dar nitratos o neutralizar una parte de los ácidos contenidos en el agua de lluvia. Haagen-Smith<sup>37</sup> ha realizado para los conservadores una importante revisión de estas cuestiones. Un constituyente muy importante y no tóxico de la atmósfera es el  $\text{CO}_2$  que en zonas rurales alcanza un promedio de  $0,034\%$  (pero que en zonas contaminadas puede representar más del  $0,27\%$ ). Más del  $50\%$  del anhídrido carbónico que va a la atmósfera procede de la combustión. Es esencial conocer la cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua porque influye en la solubilidad de los carbonatos y acelera la descomposición de las rocas silicatadas. Todos los minerales carbonatados aumentan su

solubilidad al aumentar la presión parcial del  $\text{CO}_2$  en el agua. En los minerales silicatados, la disolución no es un proceso tan simple. La transformación en caolín de los feldespatos y otros aluminosilicatos (caolinización) comienza cuando durante el proceso de alteración se alcanza la proporción correcta de Al/Si y progresa hacia el interior de la roca debido a la hidrólisis. Keller y colaboradores<sup>38</sup> estudiaron la alteración de los minerales silicatados que más corrientemente forman rocas, utilizando agua cargada con  $\text{CO}_2$  y vieron que se duplica, con relación al agua destilada, la velocidad de disolución de Ca, Mg, Na y K; el feldespato y la moscovita son mucho más sensibles que los otros minerales, pero incluso el cuarzo, que es la forma más estable de la sílice, se disuelve a razón de 4-5 ppm; la solubilidad de las rocas y minerales aumenta a medida que disminuye el contenido de  $\text{SiO}_2$ .

La disolución de estos compuestos es normalmente un proceso geológico de larga duración, pero en atmósferas contaminadas el proceso es más rápido; según Winkler<sup>31</sup>, la velocidad de alteración es exponencial: muy lenta al principio cuando la roca está aún fresca pero que progresa rápidamente produciendo la decoloración de los feldespatos, hornblenda y micas, pérdida del pulimento y disminución de la dureza.

#### 2.1.4. Alteración por agentes biológicos.

Los árboles y las plantas, cuando crecen sobre los muros pueden ser causa de alteraciones, por ellos mismos o por impedir la evaporación del agua. Según Massari<sup>39</sup>, indican generalmente que es alto el contenido de humedad y se consideran más como el resultado de la degradación que como la causa de la alteración.

Los líquenes, asociación simbiótica de un alga y un hongo, se encuentran sobre muchos monumentos e indican invariablemente que el sustrato tiene un alto contenido en humedad; por encontrarse frecuentemente cerca de las

bajantes de agua y en las zonas afectadas por la subida capilar del agua del suelo, su presencia puede servir para una rápida estimación de la distribución de humedades en el monumento. Schaffer<sup>32</sup> describe con gran detalle el daño que producen. Los líquenes se caracterizan por su capacidad, de atacar las superficies de roca limpia, constituyendo uno de los primeros pasos en la formación de un suelo capaz de soportar; plantas de organización más complicada. Describe dos tipos de líquenes diferentes, los calcifilos, que prefieren vivir sobre las rocas carbonatadas, y los salicifilos, que se encuentran principalmente sobre la superficie de las rocas ígneas. El mecanismo de alteración comporta dos aspectos principales:

a) El carácter esponjoso de los líquenes hace que retengan la humedad en la piedra subyacente pudiendo contribuir a un daño posterior, pues, cuando existen, se encuentra frecuentemente que el contenido de humedad en el muro está casi continuamente sobre el nivel crítico y, dado que uno de los principales mecanismos de alteración se debe al número de ciclos mojado-seco de la piedra, tales áreas están preservadas porque el número de ciclos es pequeño; sin embargo, en las partes adyacentes y en las correspondientes del interior, el deterioro se acelera.

b) Por secreción de ácidos y cambio iónico. El pequeño catión H<sup>+</sup>, producido por los rizomas de los líquenes y por las raíces de las plantas, ataca de forma importante el CO<sub>3</sub>Ca y cambia en los minerales los iones metálicos nutrientes. Una vez que el proceso ha comenzado, se acelera por la acción de los ácidos carbónicos, húmico y otros ácidos orgánicos.

Los hongos pueden causar daños en las pinturas murales hechas al temple, por atacar el sus trato orgánico de las mismas, pero su importancia en la alteración de los materiales pétreos no es clara. Según Henderson y Duff<sup>40</sup> los hongos *Aspergillum niger*, *Spicaria*

sp. y *Penicillum* sp., producen cantidades considerables de ácidos cítrico y oxálico a partir de disolución de glucosa al 5% y se cree que éstos son los más activos que pueden producir; también por la acción de disoluciones de cultivos de hongos sobre unos pocos minerales formadores de rocas, se separaron Al, Mg y SiO<sub>2</sub>. Y el hongo más activo parece ser el *Aspergillum niger* presente en algunos líquenes negros, pues por su acción la biotita pierde hasta un 14% de SiO<sub>2</sub>. En ocasiones, según Reiher<sup>41</sup>, los hongos han sido empleados como prueba para indicar las zonas húmedas en los muros.

El daño causado por los insectos se refiere generalmente a los materiales orgánicos tales como madera y, por lo tanto, está fuera de nuestro estudio. Los pájaros tienen bastante influencia ya que sus excrementos contienen nitratos, lo que contribuye al deterioro de la piedra. Otros animales como las almejas, esponjas, lombrices, erizos, etc., excavan las rocas de monumentos sumergidos en el mar; Clapp y Kuk<sup>42</sup>, han recopilado mucha bibliografía sobre este asunto para la Office of Naval Research.

Los microorganismos tienen una influencia indudable en algunos procesos de alteración de las piedras, pero desde un punto de vista cuantitativo su influencia ha sido puesta en duda; recientes investigaciones llevadas a cabo por Pochon<sup>43</sup> y Jatou<sup>44</sup> tratan de aclarar este aspecto del problema que es el que se considera de mayor interés dentro del ámbito de los mecanismos de alteración biológicos en los monumentos.

En calizas y areniscas utilizadas en la construcción de edificios y monumentos en Francia y en Cambodia, Pochon<sup>45</sup> y <sup>46</sup> y Pochon y Coppier<sup>47</sup> "han observado la presencia de tiobacilos; las lesiones se caracterizan por un alto contenido en sulfatos y, en ellas, se han aislado tiobacilos oxidantes de sulfuroso. El mecanismo encontrado comprende la reducción, en el suelo próximo a los cimientos de

los sulfatos a sulfuros (desulfovibrio-desulfuricans) y los sulfatos son arrastrados dentro de los muros por el agua de capilaridad, concentrándose al irse evaporando las disoluciones. La corrosión de areniscas también ha sido descrita por Sadurska y Kowalik<sup>48</sup> como una sucesión de organismos. La alteración en unas calizas con costras que no contenían sulfatos pero sí nitratos fue observada por Kauffmann<sup>49</sup> y Kauffmann y Toussaint<sup>50</sup>, pudiendo aislar bacterias nitrificantes que oxidan el nitrógeno presente en el aire y en el agua de lluvia a nitratos y éstos convierten el carbonato de calcio en nitrato de calcio soluble. Ensayando sobre piedras sanas las bacterias nitrificantes aisladas en las lesiones, se produjo el fenómeno de corrosión. Para las bacterias heterótrofas, se escribe generalmente que no son muy importantes en estos fenómenos de alteración, aunque según Levowitz<sup>51</sup> han sido la causa de importantes daños en suelos de cemento de factorías de alimentos sucios por las substancias orgánicas, lo que no resulta inconcebible dado que las bacterias pueden excretar sustancias corrosivas.

Según Pochon<sup>43</sup>, los grupos funcionales que intervienen de forma importante en los mecanismos de alteración de las piedras son relativamente pocos; esencialmente se trata de los autótrofos "nitrificantes" del ciclo del nitrógeno que generan nitratos y, sobre todo, los del ciclo del azufre: a) los oxidantes que generan sulfatos y b) los mineralizadores del azufre orgánico, todos ellos generadores de SH<sub>2</sub>; finalmente se puede considerar que en la corrosión de areniscas quizás intervienen las bacterias que atacan a los silicatos, pero su acción es aún dudosa.

Se acepta normalmente que para decidir sobre la importancia de los mecanismos de alteración biológica observados en una piedra alterada, debemos conocer: 1) La presencia de organismos en número suficiente como para explicar el fenómeno observado. 2) Aislar e identificar el organismo. 3) Reproducir

el fenómeno cualitativa y cuantitativamente, inoculando el organismo en un material sano. Un ejemplo que demuestra la importancia del punto 3, quedó bien patente, según Hueck<sup>52</sup>, en los estudios sobre la corrosión microbiológica del acero, pues aunque se aislaron bacterias capaces de producir la corrosión, el daño que producen es cuantitativamente poco importante; esto indica que la corrosión microbiológica del acero existe pero que no es el único factor. Las dificultades propias de esta clase de experiencias hacen que no se realicen siempre; un punto de importancia relativamente menor es la identificación de los organismos, porque no es siempre cierto que el organismo haya sido propiamente identificado dado que la taxonomía cambia continuamente al mismo tiempo. Al primer punto se atribuye la mayor importancia; los microorganismos, por estar presentes en casi todas las zonas del exterior, existen sobre casi todas las piedras, pero son más numerosos en las alteraciones en donde intervienen como factores primarios o secundarios y, por consiguiente, se han de contar empleando técnicas de análisis cuantitativo.

Según Pochon<sup>43</sup> el análisis, por lo menos al principio, no debe ser para la determinación de la especie en el sentido taxonómico del término, sino más bien para la función bioquímica y fisiológica que le caracteriza, o mejor aún, para la de la función mayor del conjunto presente sea cuál fuere la posición sistemática de las especies que la componen; él mismo recomienda unas técnicas de estudio para determinar los factores biológicos de alteración, válidas para bacterias, actinomicetos, hongos y algas.

En la actualidad el estudio de los factores microbiológicos de las piedras se realiza dentro de programas de estudio más amplios, en los que están comprendidos los análisis químicos de los elementos salinos presentes, así como el estudio de los materiales pétreos sobre los que se desarrollan las características



externas de las lesiones en que se encuentran y otros elementos de apreciación importantes para aclarar estos procesos. En esta línea de estudio, Jatón<sup>44</sup> estudia algunos monumentos de Francia analizando materiales de caliza, arenisca, molasas y mármoles. Los principales tipos de alteración encontrados son "alveolización" y descamación; en el caso general de alveolización, las bacterias nitrosas y los tiobacilos oxidantes del azufre, son poco numerosas; en las costras con gran contenido en sulfatos los tiobacilos son abundantes aunque las bacterias nitrificantes (nitrosomonas y nitrobacter) siguen estando en número restringido; al hacer comparaciones en condiciones ecológicas idénticas, los tiobacilos aparecen dominantes en las zonas más alteradas y su número varía en el mismo sentido del contenido en sulfatos. Este mismo autor, al estudiar las alteraciones de una zona húmeda por capilaridad desde el suelo, encuentra una vez más una actividad bacteriana reductora de sulfatos en el suelo y oxidante en la parte superior del muro, demostrando otra vez la rotación del ciclo biológico del azufre y viendo que los tiobacilos son más abundantes en estas zonas que en cualquier otra parte del muro más rica aún en sulfatos.

En el estado actual de nuestros conocimientos y aún en el caso más significativo de alteración microbiológica en los materiales pétreos, las bacterias del ciclo del azufre y en especial los tiobacilos, no se puede aún estimar la proporción de sulfatos debidos a mecanismos fisicoquímicos (contaminación atmosférica, sales del mar o del suelo, etc.) o al metabolismo biológico, aunque parece claro que en las zonas rurales estos organismos intervienen marcadamente en los procesos de alteración de los monumentos.

En los monumentos de países con clima húmedo y caliente, la alteración por agentes biológicos tiene una gran importancia. Los líquenes en países tropicales actúan tan intensamente que su eliminación figura, según

Coremans<sup>53</sup> y Gairola<sup>54</sup> como elemento indispensable en los programas de preservación, al contrario de las otras zonas climáticas en donde el proceso se considera siempre secundario, e incluso nulo para los líquenes en zonas urbanas o industriales, pues según Schaffer<sup>32</sup> no toleran el hollín ni los sulfatos.

#### 2.1.5. Alteración por sales solubles

Las sales solubles en agua son probablemente una de las causas más frecuentes y más extendidas de deterioro de los materiales pétreos en los monumentos. Estas sales, sea cual fuere su procedencia, se ponen en movimiento por el agua y se acumulan en las zonas de evaporación, en donde cristalizan. Los aportes de agua líquida y los cambios en la humedad en los materiales hacen que las sales cristalicen, se hidraten y se disuelvan, fenómeno que al repetirse acaba por comprometer la solidez de los materiales más resistentes.

La composición de las sales solubles puede ser muy variable, pero, por regla general, las que se encuentran más frecuentemente son: sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, cloruros de sodio, potasio, calcio y magnesio, nitratos de sodio, potasio, calcio y los carbonatos de sodio y potasio. La procedencia de estas sales puede ser muy diversa; los materiales originales y los empleados para restaurar o reconstruir los monumentos pueden contenerlos (piedras, ladrillos, cal, cemento, arena del mar, agua de reparación, etc.) o producirlos por alteración (hidrólisis de silicatos, descomposición de piritas, marcasitas, etc.) y también el aire puede ser una fuente importante, por la contaminación (gases industriales, volcanes, etc.) o por transportarlos desde las regiones marítimas, etc. Otras muchas veces, las sales proceden del suelo, arrastradas por el agua de capilaridad que sube a los muros y estar enriquecida con sales de ácidos orgánicos del humus o de la descomposición de los restos orgánicos que se

acumulan alrededor del monumento durante su ocupación. También suele ser una fuente importante de sales los diversos productos de limpieza, conservación y consolidación, los fungicidas, los anti-hielo, etc., que pueden dar origen a compuestos muy diversos.

En los materiales de construcción, el agua migra a través de los capilares; en este movimiento, las sales solubles son arrastradas y luego se difunden, se hidrolizan o precipitan. Ante un gradiente térmico, según ICCROM<sup>55</sup>, estas sales iónicas disueltas migran hacia las partes más calientes mientras que el agua se mueve hacia las más frías y de esta forma algunas de las sales disueltas pueden producir voluminosos compuestos sólidos. La precipitación y la cristalización de sales puede producirse en la superficie, cuando el agua aflora regularmente durante los procesos de evaporación, y debajo de la superficie cuando el frente de líquido retrocede, aunque generalmente ambas formas suelen estar próximas y frecuentemente interconectadas, según indica Knetsch<sup>56</sup>.

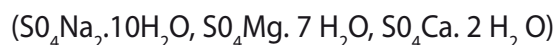
El movimiento de las disoluciones en los poros tiende a empobrecer los materiales cementantes, pues se disuelven y son transportados en disolución hasta la superficie, en donde durante la evaporación del agua precipitan en el orden siguiente: carbonato de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de calcio y luego los cloruros y nitratos. Según esto, los poros de la superficie se rellenan en parte a expensas del debilitamiento interno y por eso las costras de la superficie que se desarrollan de esta manera tienen que ser consideradas como la capa más externa de una estructura de corrosión más complicada subdividida en las siguientes capas: a) costra superficial, b) estrato empobrecido en adhesivo, diferenciándose generalmente varios subestratos, y c) material sano.

Si las sales responsables de la costra son poco solubles, el material adquiere un recubrimiento protector como es el caso particular

de costras a base de hidróxidos de hierro, aluminio y magnesio o de fosfatos. Por el contrario, los sulfatos, cloruros, nitratos y sales de ácidos orgánicos, depositados debajo del frente de evaporación, son la causa de graves deterioros.

Los cloruros son muy higroscópicos y, durante la condensación del agua, son las primeras sales en volver a estar disueltas. Una vez en disolución son muy activos en tres aspectos principales: 1) son extremadamente móviles, penetrando y rompiendo muchas estructuras cristalinas, 2) peptizan grandes aglomerados de moléculas facilitando su transporte por el agua, 3) aumentan la falta de estequiometría de los cristales. Estas propiedades de los cloruros explican que los materiales pétreos que los contienen tiendan a pulverizarse. De forma similar actúan los nitratos y las sales de ácidos orgánicos (fig. 10).

Completamente diferente es la acción de los sulfatos. Estas sales son depositadas en los poros desde sus soluciones sobresaturadas, como hidratos



y cuando la evaporación prosigue, el depósito seca fuera. Las sales formadas de esta manera son agregados microcristalinos y, debido a su fina estructura porosa, promueven el flujo de más soluciones desde el interior de los poros a la superficie, lo cual puede conducir al relleno gradual del volumen de poros detrás de la zona de evaporación. El aumento de la humedad relativa del aire hidratará las sales, lo cual provoca un aumento de volumen y, por tanto, una presión sobre las paredes de los poros (presión de hidratación) (figs. 11 y 12).

La formación de eflorescencias y sales hidratadas, así como la conversión de una forma en la otra, depende de su presión de vapor y de la temperatura. De acuerdo con esto, una sal hidratada pierde su agua si la



Fig. 11 y 12. Catedral de Cádiz. Detalles del interior mostrando la rotura de fragmentos de piedra. La caliza de Estepa contiene sulfatos solubles en agua que cristalizan en el interior de los poros de la roca con presiones suficientemente altas como para justificar las roturas. Los ciclos de eflorescencia y cristalización de estas sales, dependiendo de la humedad relativa del aire, determinan el proceso.



Fig. 10. Iglesia del Salvador. Gijón. Fenómeno de "corrosión" en la arenisca de Somió por la acción de los cloruros del agua del mar



presión de vapor del hidrato a una temperatura determinada es más alta que la presión parcial del vapor de agua en el aire a esa misma temperatura; cuando sucede al contrario la sal se hidrata. Por ejemplo, en el caso de una disolución de sulfato sódico, a temperaturas por debajo de  $32,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  la sal precipita como un compuesto con diez moléculas de agua de cristalización, pero para temperaturas mayores se transforma en sal anhidra; un aumento de la Hr puede actuar convirtiéndola en el hidrato, pero el que esta conversión sea parcial o completa, está determinado por el grado de diferencia entre la presión parcial del vapor de agua y la presión del vapor de la sal a una determinada temperatura. Por lo tanto, la cuantía del daño resultante de esta rítmica contracción y presión en las paredes de los poros está determinada por la presión de hidratación que puede desarrollar una sal en determinadas circunstancias.

Cuando la presión de hidratación sobrepasa la resistencia de las paredes de los poros, éstas se rompen y hacen que sea mayor el espacio útil para la precipitación de las sales. Los materiales alterados por este mecanismo son muy permeables al aire, y con ello más vulnerables; la superficie tiende entonces a arrugarse y muy probablemente aparecerá como una costra sucia y contraída.

Según Butterworth<sup>57</sup>, disoluciones conteniendo más de 0,1% de sulfatos son consideradas peligrosas para los materiales porosos. De acuerdo con Butterworth<sup>58</sup> el que disoluciones tan diluidas sean capaces de producir deterioros graves se debe al hecho de que la mayoría de los poros tienen sección transversal elíptica; la evaporación de soluciones de un tubo capilar de sección circular, permite el retiro gradual del menisco hacia el interior, y la concentración de la disolución bajo el menisco puede difundirse hacia adentro; en el caso de un poro de sección transversal elíptica, o cualquier sección transversal irregular en la cual exista una curvatura elíptica, el menisco no se desplaza hacia adentro en el lugar donde termina el eje mayor, y la menor pérdida por evaporación se compensa por un suministro lateral. El resultado es una sobre saturación local que deposita las sales en los puntos donde el poro es estrecho por lo que la presión de hidratación conduce a la deteriorización aunque el poro no esté lleno de sal (fig. 13).

### 3. ESTADOS DE SUPERFICIE

El trabajo de la piedra, junto a los sistemas de corte y labra, ha otorgado un importante papel a los morteros para juntas y recubrimientos, que han sido objeto de estudio por el ICCROM<sup>59</sup> en el simposium de 1981.

Las normas generales recogidas por Vitrubio para los estucos<sup>60</sup> y las técnicas empleadas por los pintores para esculturas, molduras y fachadas recogidas por Cennino Cennini<sup>61</sup>, Theophilus<sup>62</sup>, Pacheco<sup>63</sup>, etc., y modernamente por Doemer<sup>64</sup> y otros, han permanecido bastante fielmente hasta el siglo XIX, pero en el siglo XX se han transformado sustancialmente por ese cambio de mentalidad que ha hecho parecer a muchos que los métodos antiguos estaban pasados de moda, poniendo al mismo tiempo a su disposición nuevos materiales y técnicas más acordes que

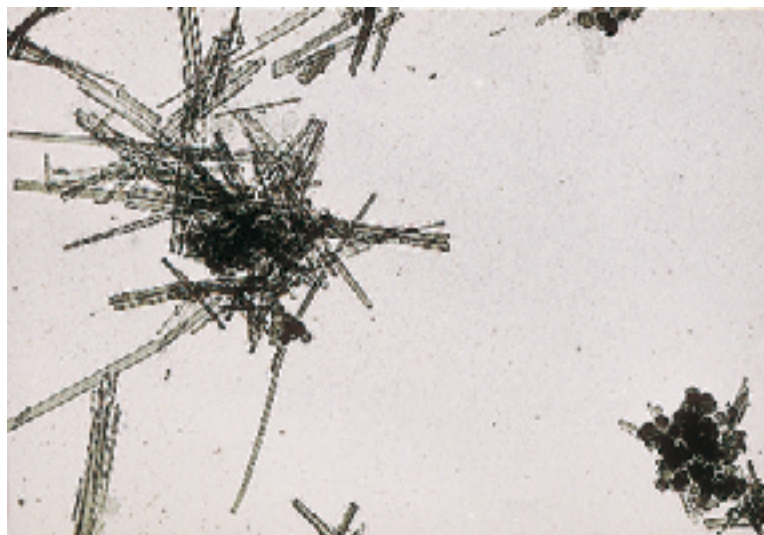


Fig 13. Partículas de attapulgita, vistas al microscopio electrónico en transmisión, a unos 3.000 aumentos. Como J. Alonso vio en 1965, forman parte de algunos de los materiales pétreos de nuestros monumentos, como la caliza de Hontoria (Catedral de Burgos), la arenisca de Villamayor (monumentos de Salamanca), arenisca gris de Novelda de Alicante (muy utilizada en Madrid), etc. La gran capacidad de aumentar el contenido de agua, compromete la solidez de los materiales que la contienen.

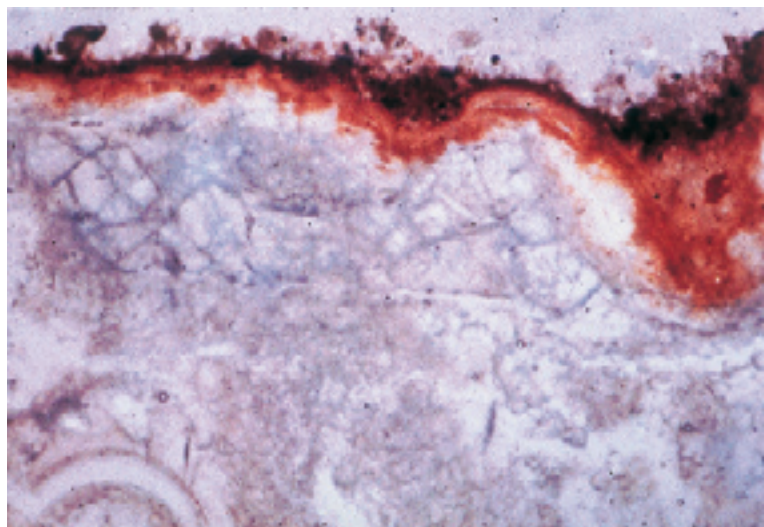


Fig 15. Catedral de Palma de Mallorca. Portal del Mirador. Microfotografía a 85 aumentos de la sección transversal de la superficie de la piedra. Sobre la caliza blanca de Santanyi se aprecia una capa rojiza a base de proteínas insolubilizadas con alumbre, que según Gabriel Alomar se daba para proteger la piedra y realzar las esculturas.

los antiguos a las exigencias actuales de rapidez y rendimiento.

A los aglutinantes fundamentales de las mezclas antiguas, la cal, el yeso y la arcilla, se le agregaron muy frecuentemente otras sustancias tales como la albúmina del huevo, la caseína de la leche, sangre, azúcar, etc., habiendo sido revisados por Sickels<sup>65</sup>, quien recoge 41 sustancias entre el año 150 antes de Jesucristo y el año 1850.

Partiendo de la base del interés que los arqueólogos demuestran por la interpretación analítica de los restos de morteros antiguos y las conclusiones cronológicas que establecen en ocasiones, Jedrzejewska<sup>66</sup> ha buscado en ellos un criterio analítico, llegando a establecer una metodología de trabajo, pero otros investigadores como por ejemplo Frizot<sup>67</sup> aprecian graves dificultades en la interpretación científica de los resultados suministrados por la arqueología a la vista de los datos analíticos disponibles. En pocos casos se puede pasar de la certeza de una composición aproximada de cal y arena como la que indica Vitrubio, no siendo posible encontrar las siete capas que él indica sino más bien las dos o tres más próximas al bien hacer de los artesanos, aunque está claro que, en algunos casos, la presencia de ciertos materiales determina una diferencia entre obras sucesivas, como sucede con las lascas de pizarra utilizadas en las juntas de las reparaciones del siglo XIX en la Catedral de León, por ejemplo.

En los recubrimientos de superficie, Baldi, Cordaro y Mora<sup>68</sup> plantean el problema en su mayor complejidad, pues la naturaleza misma de su función hace que estos recubrimientos sean considerados como “una piel a sacrificar” que recibe los agentes que causan la alteración y que van a ser rehechos antes o después; por otra parte, también representan un valor estético vinculado estrechamente al concepto arquitectónico que los personaliza fuertemente. En la actualidad

encontramos diversos estudios de laboratorios sobre monumentos españoles que ignoran la existencia de estos tratamientos originales, identificados los materiales añadidos a la piedra como procedentes de la contaminación atmosférica o como derivados de un proceso natural de envejecimiento en la llamadas “pátinas de cromatización”<sup>68 bis</sup>. Los enlucidos coloreados, que son normales en la arquitectura antigua y aún están presentes en muchos monumentos españoles, no pueden ser considerados solamente como un efecto decorativo superficial, sino más bien como el resultado de una elección consciente que acentúa por su variedad las diferencias de relieve en los miembros arquitectónicos, contribuyendo así a determinar los diferentes planos de la espacialidad de una obra. Otra función importante es la de proteger la piedra de la acción agresiva de los agentes atmosféricos.

En la actualidad estamos estudiando las características de los recubrimientos de superficie en diversos monumentos españoles, de lo que daremos cuenta próximamente, limitándonos aquí a mostrar algunos datos de los obtenidos durante los trabajos de restauración proyectados<sup>69</sup> y dirigidos por nosotros, de forma directa en las Catedrales de Oviedo y León y de forma indirecta en la fachada de San Gregorio de Valladolid. Otro proyecto realizado por nosotros para proteger los recubrimientos de la fachada de San Pablo de Valladolid, está siendo dirigido por otro técnico por encargo de la Dirección General de Bellas Artes, planteándose un concepto diferente de renovación de los estucos, opuesto al de conservación que yo preconizaba en el proyecto.

Es evidente que los estucos de superficie modifican las características de los materiales y condicionan por tanto los mecanismos de alteración y los tratamientos a aplicar, por lo que deberían ser tenidos muy en cuenta en los programas de estudio de materiales. Otro

aspecto importante es el de su significado histórico y estético. Propongo también este tema como asunto del coloquio que a continuación tendremos.

#### 4. TRATAMIENTOS DE LA PIEDRA

##### 4.1 . Limpieza

Los materiales pétreos se ensucian principalmente por acción de los contaminantes atmosféricos de las zonas urbanas e industriales y, en nuestros días, los tratamientos de limpieza adquieren proporciones importantes.

Los distintos procedimientos industriales que se aplican a los monumentos cada vez con mayor frecuencia, tienden a liberar la superficie, de todas las sustancias extrañas adheridas a ella y, aunque se realizan con el mayor cuidado, hacen que desaparezca la epidermis original de la piedra que constituye el elemento más destacado de su significación histórica. Por esto, muchos monumentos están siendo alterados más o menos intensamente en los últimos tiempos.

La limpieza tiene como fin hacer legible el objeto para restituirle su significado y es siempre una operación delicada porque es irreversible. Si bien el principio en que se basa es sencillo, a menudo es muy costoso de realizar en los monumentos ya que el estado que se procura alcanzar depende en gran medida de su significado, esto, es, de los mensajes de que es portador y que son de muy diversa índole, existiendo muchos imperceptibles a primera vista que una limpieza poco prudente puede destruir.

Por su parte, los distintos procedimientos en uso también plantean una problemática específica que hace necesario concretar el estado actual de conocimientos con vistas a seleccionar los más convenientes a cada caso.

Desde el punto de vista de la conservación, en las conclusiones del ICOM-1963<sup>70</sup> quedó claramente establecido que:

mantenerlas limpias (las piedras) no es solamente una necesidad estética sino, sobre todo, una condición técnica de conservación de los materiales pues retarda los procesos de alteración. La eficacia de la limpieza sólo es real cuando se aplica a tiempo, antes de que el ataque sea profundo, y se debe repetir periódicamente lo que acentúa la importante noción del cuidado periódico de los monumentos.

Actualmente, los conceptos establecidos en este corto resumen siguen siendo válidos y los especialistas coinciden en afirmar que los tratamientos de limpieza periódicamente realizados son el sistema más eficaz para combatir la degradación de los materiales pétreos en los exteriores, aunque los sistemas van evolucionando y la limpieza de paredes con agua va entrando en el abandono por el peligro de eliminación de estucos originales y la penetración de agua en los muros llegando a salir por el interior, ya que parecen ser considerables los efectos negativos ante las imprevisibles penetraciones de la humedad. Aparte de esto, existen restricciones ya clásicas al uso del agua, motivadas por la presencia de sales solubles que deben ser eliminadas en seco o con papizas absorbentes, evitando aplicar agua a la superficie pues se regenera el proceso fisicoquímico causante de las eflorescencias.

Entre los métodos desaconsejables por los especialistas<sup>71</sup> para la limpieza de los monumentos cabe señalar los siguientes: a) ácidos de cualquier tipo; b) sustancias alcalinas con un pH mayor o igual a 10; c) chorro de arena seco o húmedo; d) pulido mecánico con escalpelo, espátulas de hierro y utensilios giratorios de cualquier tipo; e) chorro de vapor o de agua a presión; f) pulimento con llama, pudiéndose recomendar únicamente los métodos muy controlados por un especialista cualificado, empleando pastas absorbentes con arcillas o formulaciones con EDTA y compuestos amoniacales, así como la



Fig. 16. Catedral de Burgos. Portada de la Coronería. Grupo de jóvenes universitarios limpiando manualmente la fachada, bajo nuestra dirección, en julio de 1979. La limpieza tiene como fin conservar y hacer legible el objeto, pero es una operación muy delicada porque es irreversible. Si bien el principio en que se basa es sencillo, su aplicación a los monumentos debe hacerse con operarios que comprendan la naturaleza de los mensajes potenciales, evitando la utilización de los sistemas industriales normalmente en uso por las empresas de limpieza. En multitud de monumentos de primera magnitud que han sido limpiados en los últimos tiempos, se ha podido demostrar el uso de sistemas totalmente desaconsejables, tales como el chorro de arena, agua a presión, productos químicos ácidos y alcalinos, etc., llegándose incluso a detectar el empleo de sosa cáustica y ácido clorhídrico.

nebulización que da resultados convenientes en determinados casos.

En España, actualmente podemos decir que se abre un grave interrogante en cada monumento que se ve sometido a proceso de limpieza, pues son de uso común los sistemas más agresivos y desaconsejables, tales como el chorro de arena, el agua a presión, productos químicos alcalinos y ácidos e incluso la sosa cáustica, etc., que causan daños muy superiores a los que pretendían evitar con la intervención. Este podría ser un tema más a proponer para el coloquio: posibilidades y

limitaciones de los distintos procedimientos y productos en su utilización en los monumentos (fig. 16).

#### 4.2. Consolidación y protección

Para consolidar y proteger la superficie de los materiales pétreos en los monumentos, se ha intentado aplicar productos orgánicos e inorgánicos pero, como indica Liberti<sup>72</sup>, los resultados conseguidos por lo general son poco satisfactorios en atmósferas húmedas. Aparte de los problemas intrínsecos a la naturaleza misma del producto consolidante, la dificultad mayor según Warnes<sup>15</sup> y Sneyers<sup>20</sup> deriva de la insuficiente penetración de los productos en el material pétreo poroso. Para la protección de superficies se ha intentado la aplicación de capas adhesivas a base de aceite de lino cocido, de resinas naturales, lechada de cal, silicatos alcalinos, fluosilicatos, fluoruros, siliconas, disoluciones de sales de bario, etc., y la consolidación de materiales disgregados se ha intentado igualmente por impregnación con disoluciones reales o coloidales de numerosos productos, la mayor parte de los ya citados y también de ceras, parafinas, caseína, albúmina de huevo, cola espesada con alumbre, resinas vinílicas, acrílicas, epoxídicas, de poliéster, jabones metálicos como los estearatos de aluminio y zinc, ésteres silícicos, etc.; pero aplicados en exteriores estos productos desilusionan muchas veces porque sus efectos no son generalmente muy duraderos.

La aplicación periódica de productos naturales, ha sido el sistema de mantenimiento utilizado normalmente en la antigüedad y Vitrubio nos dice como "mezclando a la cal heces de aceite, al endurecerse, no permite que el agua ni otra clase de humedad penetre" y "a fin de que el mortero no padezca con las heladas, se deberá reparar todos los años antes del invierno cubriendo con heces de aceite la cal". Cennino Cennini aplica un temple de cola y yema de huevo.

Rudel<sup>73</sup> propone la mezcla de caseína y cola. Petresco<sup>74</sup> una emulsión de potasa, cera resina de Dammar y amoniaco. Doerner también señala el empleo de cola insolubilizada con alumbre, y Gabriel Alomar<sup>75</sup>, al tratar sobre la arquitectura gótica del siglo XV en Palma de Mallorca, nos dice:

“No creemos, en cambio, que la Lonja hubiera tenido policromía exterior; pero estamos seguros de que en ésta, como en el Portal del Mirador, la piedra de Santany fue sometida a un tratamiento, una especie de barniz (a base de cera, de albúmina, etc., posiblemente con un ligero colorante uniforme), tratamiento que protegía superficialmente el material y que realizaba las esculturas”.

Durante la segunda mitad del siglo XIX se aplicaron muchos tratamientos a las piedras, en muchos casos con efectos claramente perjudiciales como en el de los silicatos alcalinos, lo que causó un rechazo a este tipo de soluciones por crear mayores daños que los que trataban de resolver<sup>76</sup>. (Fig. 17)

Pero de forma más general, el problema radica en que cuando estas soluciones penetran en el material, deben reaccionar con otros agentes introducidos más tarde o perder por evaporación el disolvente; así, las soluciones reales tienden a depositarse en el frente de evaporación y las dispersiones coloidales tienden a romperse inmediatamente después que la fase sólida se pone en contacto con las paredes de los poros o con contaminantes electrolíticos capaces de provocar la floculación. En ambos casos, lo que se logra es la consolidación de la superficie del cuerpo poroso, lo que es poco útil o perjudicial, pues impide la evaporación de la humedad, atrae el polvo y la suciedad, favorece la formación de estalladuras y costras en las zonas en donde el agua puede aún evaporarse, originándose allí también acumulación de sales solubles. Implica esto que sobre los materiales húmedos no pueden aplicarse revestimientos impermeables de ceras y resinas, y de ningún



Portada del Monasterio de Ripoll. Gerona. La fotografía muestra el aspecto de algunos de las pruebas de consolidación realizadas por diferentes técnicos, antes de nuestra intervención en 1965. Se puede ver el aspecto de la cera de San Martín, la lechada de cal de Selim Augusti, los fluatos de Kesler, etc. Aunque en algunos proyectos se exigen experiencias concretas con diferentes productos para elegir lo que el director de obra estime más adecuado, esto no debe hacerse directamente en el monumento pues deja discontinuidades imposibles de eliminar en muchos casos. Respecto a los productos de tratamiento, tenemos suficientemente claro que sólo podemos recomendar esencialmente cuatro tipos de entre toda la multitud de materias naturales y sintéticas conocidas.

modo en cualquier sitio en el que exista un movimiento unidireccional de humedad de dentro a fuera, pero esto no puede decirse para los materiales secos situados en zonas de precipitaciones de lluvia importantes pero cortas y poco frecuentes en donde las protecciones exteriores cumplen una eficaz y duradera función protectora.

De entre todos los productos propuestos para el tratamiento de la piedras, cabe destacar los siguientes grupos: 1) Sales de bario. 2) Silicatos alcalinos y ésteres silícicos. 3) Acido fluosilícico y fluosilicatos. 4) Siliconas. 5) Ceras. 6) Polímeros sintéticos (en disolución y en dispersión, termoplásticos y termoendurecibles). 7) Monómeros sintéticos.



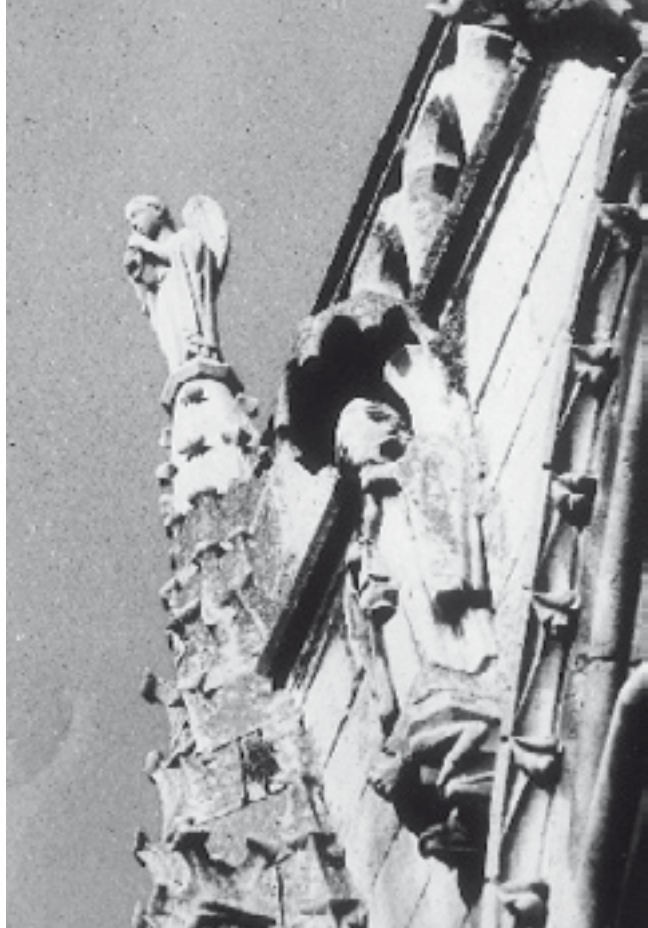


Fig. 18. Catedral de Burgos. Completar los remates escultóricos en distintos monumentos históricos es una práctica que sigue en vigor. Ciertos profesionales siguen sin aceptar que la función cultural del objeto no se puede sustituir, y actúan sobre los programas escultóricos "inventando al modo de los antiguos" o "injertando copias de poliéster tomadas de otros monumentos", actitud inmadura de quienes pretenden rehacer con sus manos aquello que les parece imperfecto o inacabado.

Sería muy importante poder discutir pormenorizadamente los principios en que se fundamentan cada uno de ellos y es un tema que también propongo para el coloquio. Pero, en líneas generales, lo más aconsejados pueden ser: 1) Sales de bario: 2) Resinas acrílicas. 3) Silicato de etilo. 4) Alkiltrialcoxisilano. 5) Alkil-aril-polisiloxano total o parcialmente polimerizado.

De entre todos los productos aceptados, preferimos las formulaciones a base de resinas acrílicas <sup>77</sup>, solas o mezcladas con xilanos <sup>78</sup>, porque los sistemas orgánicos del tipo barnices acrílicos, aunque son permeables al vapor de agua como todos los sistemas de



Fig. 19. Catedral de Burgos. Aspecto del campo de trabajo durante una intervención de sustitución de elementos ornamentales deteriorados en 1980. Cuando la intervención se propone sustituir los elementos degradados por otros nuevos una de las consecuencias es la destrucción de los restos del original que, como escombros, se hará desaparecer en el vertedero, o como recuerdos irá a decorar algunos jardines privados o públicos. La conservación del original es algo a lo que la ley actualmente vigente obliga y quienes actúan de forma contraria deben ser señalados cuando, como en este caso, existe la denuncia formal presentada por el director del ICROA, aunque la realidad nos muestra que las sustituciones continúan y que lo opuesto a lo que dictamina la ley se da como norma de trabajo en discurso leído ante la academia.

lacas conocidos hasta el presente, nos ofrecen las propiedades de revestimientos más favorables y muy particularmente la reversibilidad que sólo se realiza plenamente a partir de este grupo de sistemas orgánicos. Además, no cambia el color de las superficies tratadas y el posible brillo se elimina fácilmente en superficie. La elección del disolvente es de gran importancia para conseguir que el producto sólido permanezca en el interior de los poros, acumulándose lo menos posible en las superficies, para lo cual recomendamos el white spirit que, junto con el xileno, establece un par disolvente diluyente útil al fin perseguido.

Nuestra experiencia viene desde 1964, y en todos los casos los resultados siguen siendo satisfactorios.

## 5. CONSERVACION y RESTAURACION.

Todo lo que hasta aquí hemos examinado tiene sentido si lo que nos proponemos es conservar los materiales originales constitutivos de un monumento en su forma propia. No ha lugar a un diagnóstico si lo que se realiza es una sustitución de los elementos en vías de alteración. Esa es la esencia y la razón de ser del concepto moderno de la conservación que tiende a respetar los elementos auténticos procurando que se conserven lo mejor posible durante el mayor tiempo posible, sobrepasando así el antiguo criterio de ir reponiendo las zonas dañadas con elementos nuevos, pues la función cultural del objeto no se puede sustituir en forma alguna. Las reposiciones de elementos escultóricos y ornamentales que se han realizado en la Catedral de Burgos o en las fachadas de San Gregorio y San Pablo de Valladolid, entre otros, además de ir en contra de la Ley, sólo reflejan unas actitudes inmaduras, de quienes pretenden rehacer con sus manos y copiando todo aquello que les parece imperfecto o inacabado. Cuando leemos en discursos de Academia y periódicos de 1983<sup>79</sup>:

de las piedras mutiladas o desaparecidas, estamos injertando las fracciones mutiladas y trasplantando las desaparecidas con otras piezas nuevas seleccionadas e idénticas de la misma piedra, pero elegida y nacida del taller de cantería como desde la mesa de operaciones ..., en nuestro caso el trasplante es no ya igual, sino idéntico; de la misma cantera de origen, Hontoria, y los tallistas y canteros tienen la misma destreza y preparación que los antiguos con una mayor cantidad de medios técnicos a su alcance con lo que consiguen una restauración perfecta de las piezas y, en lugar de rechazo, se produce

lo contrario, lo trasplantado se funde en el conjunto comportándose como una simbiosis, con la única diferencia del color que en el momento de la operación es blanco y contrasta con el resto que está oscurecido por la pátina del tiempo, y que en 4 ó 6 años ya no se distingue, por haber cogido aquella pátina; y ni yo mismo ni el cantero ejecutor llega a distinguirlas...

Entendemos que se trata de un grave error doctrinal, ampliamente superado desde principios de siglo XX, pero que está vigente entre algunos profesionales y que se está aplicando actualmente en este día de hoy en elementos importantes de monumentos españoles de primerísima línea. (Fig 18.)

El Artículo 39 de nuestra recientísima Ley del Patrimonio Histórico Español dice:

1. Los poderes públicos procuraran por todos los medios de la técnica la conservación, consolidación y mejora de los bienes declarados de interés Cultural, así como de los bienes muebles incluidos en el Inventario General a que alude el artículo 35.4 de esta Ley.

2. Las actuaciones sobre los bienes a que se refiere el párrafo anterior irán encaminadas a su conservación y consolidación y evitarán los intentos de reconstrucción, salvo cuando se utilicen partes originales de los mismos y pueda probarse su autenticidad. Si se añadiesen materiales o partes indispensables para su estabilidad o mantenimiento las adiciones deberán ser siempre reconocibles y evitar las confusiones miméticas.

3. Las restauraciones de los bienes a que se refiere el presente artículo respetarán las aportaciones de todas las épocas existentes. La eliminación de alguna de ellas sólo se autorizará con carácter excepcional y siempre que los elementos que traten de suprimirse supongan una evidente degradación del bien y su eliminación fuere necesaria para permitir una mejor interpretación histórica del mismo. Las partes suprimidas quedaran debidamente documentadas.

Es evidente que la nueva legislación mantiene el espíritu del artículo 19 de la antigua Ley de 1933, mejorando lo allí expresado:

Se proscribe todo intento de reconstitución de los monumentos, procurándose por todos los medios de la técnica su conservación y consolidación, limitándose a restaurar lo que fuere absolutamente indispensable y dejando siempre reconocibles las adiciones (fig. 19).

Entre las publicaciones de la época de la Ley de 1933 señalamos una que nos parece muy aclaratoria de las discusiones del momento: el discurso de ingreso en la Academia de la Historia de Modesto López Otero el 3-1-1932 y la contestación de Elías Tormo<sup>80</sup>, en donde se puede apreciar “la superación de la vieja polémica entre conservadores y restauradores”, “defensores éstos de la integridad restaurada, con sus peligros de la arbitrario y de lo falso”, y manteniendo los primeros el principio de la “intangibilidad, que conduce al abandonismo y a la pérdida del monumento”, aceptando la “fórmula intermedia, aunque no equidistante, de conservar ante todo, y con la posible autenticidad; hacer perenne, eterna, la verdad histórica; pero admitiendo la necesaria intervención, reducida a lo preciso”. Elías Tormo porfía en “el máximo respeto a lo que quedó de otras edades” y se declara “intransigente enemigo de todo parcial pasticcio” así como “condenador del afán de las restauraciones, que por necesidades sólo físicas de un edificio, vino la pecaminosa tentación de restaurado hasta en los detalles decorativos rotos, perdidos o incompletos”. Modesto López Otero insiste en la necesidad del diagnóstico como “base imprescindible del método de conservación”, relatando con minuciosidad las enormes posibilidades de los recursos tecnológicos y científicos para garantizar la conservación del monumento “sin tocar a su contextura aunque fuera originariamente defectuosa y sin menoscabar ni haber de completar lo decorativo”, aceptando ese criterio intermedio, al que antes hemos

aludido, al conciliar el triple interés de la importancia de los valores estéticos, junto al documento histórico (que pone en palabras del arqueólogo Paul Leon) y a la necesidad de no falsificar (según dice el arquitecto Giovannoni). También es útil traer a la memoria lo que Manuel Gómez Moreno publicaba en 1925<sup>81</sup> respecto al “drama ejemplar” de la historia de las restauraciones en la Catedral de León, describiendo el edificio “enmascarado por enormes restauraciones, en parte sensatas y fieles, en parte antojadizas, ya por llevar el sello de otros tiempos, ya ideadas con un criterio fantástico de restitución y embellecimiento”, junto al insaciable afán de sustituciones que caracteriza las obras realizadas desde 1869, “error doctrinal, pegadizo desde Francia, al que no lograron sustraerse el talento y saber de Juan de Madrazo”.

Pese al error que toda esquematización exagerada presupone, un resumen de los tres principales hechos acaecidos durante el siglo XIX y origen de los tres intereses que trata de conciliar López Otero, puede ser el siguiente: a) La introducción del concepto de unidad estilística para la restauración, que desarrolla Violet le Duc permitiéndole crear al modo de los antiguos a partir de los datos que le suministran las ruinas. b) La necesidad del dato histórico para restaurar, que actúa como freno a las fantasías compositivas de los artistas restauradores. c) El concepto de falso histórico, definido por Camilo Boito y Gustavo Giovannoni<sup>82</sup>, frenando las reconstrucciones historicistas, con la consiguiente revalorización del original, ya que la obra sólo existe lo que de ella subsiste. La restauración moderna nació con la Revolución Francesa al inducir un cierto derecho de crítica frente a las nuevas responsabilidades; por esto, aunque sólo hemos señalado tres hitos dentro de un proceso histórico largo y denso, se puede aplicar a la restauración lo que Leibniz decía de toda ciencia: “la serie de hechos que nos propone no nos revelan

el origen de esos hechos sino la historia de nuestros descubrimientos". No se trata ya, evidentemente, de enfrentar lo histórico a lo estético, la conservación a la restauración, sino de actuar unitariamente reuniendo y confrontando los elementos de apreciación de orden estético, histórico y científico para conservar y transmitir a las generaciones futuras, con todo el valor de su autenticidad, esos monumentos incuestionables, únicos hechos innegables que guarda la verdad de nuestro pasado<sup>83</sup>.

Los tratamientos sólo pueden entenderse en tanto que actuaciones integradas y críticas, únicas vías con futuro en las que se creía hace medio siglo y en las que se sigue creyendo. El principio de la conservación integrada, tras haber forzado una etapa de reflexión para sostenerse en una toma de conciencia profunda, nos conduce hacia la búsqueda de una nueva ética para la utilización más prudente y más sensata de todos los bienes patrimoniales de la humanidad, de tal forma que la conservación del patrimonio cultural se inscribe así en una corriente general de pensamiento en la que, infatigablemente, la crítica fenomenológica y el desarrollo científico permiten descubrir y utilizar facetas nuevas. Está claro que ya no nos interesa únicamente la conservación de las más importantes obras de arte y nos damos cuenta de que, incluso éstas, pierden gran parte de su sentido sin la protección de su entorno inmediato; el concepto de sitio histórico surge con enorme fuerza y se amplían igualmente nuestros horizontes cuando valoramos las estructuras, las técnicas y materiales y el carácter interno de los objetos antiguos e incluso del siglo XIX en el estudio histórico de la tecnología, y este cambio de escala ha ofrecido una perspectiva amplia y clara del complejo problema de la conservación del patrimonio histórico.

Cuando se aceptó en 1930<sup>84</sup> que el tratamiento de los bienes culturales comportaba al menos tres aspectos fundamentales interde-

pendientes, se inició un camino en el que cada vez ha sido menos frecuente la consideración del problema bajo alguno de estos parámetros con exclusión de los otros y, al aceptar este principio, se modificó y se desplazó el interés primordial de la restauración hacia el de la protección y conservación. La restauración ha sido definida por Cesare Brandi<sup>85</sup> como "el momento metodológico de reconocimiento de la obra de arte en su consistencia física y en su doble polaridad histórica y estética, con vistas a su transmisión al futuro" y la misión del conservador, según la define la Carta de la Restauración de la Comisión Papaldo en Roma, consiste en "Salvaguardar los valores históricos auténticos de los testimonios del pasado", definiciones que expresan la esencia de esta función. Para conservar la auténtica dimensión cultural de una obra, monumento o conjunto, se ha de mantener dentro de un equilibrio de factores cuya resultante no es la renovación ni el cambio, sino la permanencia y la estabilidad. No se trata de volver atrás en la búsqueda de un estado original, ciertamente irrecuperable, sino más bien la de buscar mediante una investigación crítica extraordinariamente sensible el equilibrio actualmente realizable que más fielmente respete los principios que inspiraban esta unidad original perturbada<sup>86</sup>. Nuestra intervención se ha de traducir en un acto de interpretación crítica destinado a restablecer una continuidad formal interrumpida, en la medida en que ésta aún exista actual o potencialmente, intervención que se ha de realizar, insistimos, como hipótesis crítica, siempre modificable, que pueda ser reemplazada por otra actuación más certera si el momento llegara a presentarse<sup>87</sup>. Barajando por última vez las palabras de siempre, entenderíamos los tratamientos como de restauración de las condiciones de conservación pérdidas, situándolos respetuosamente entre el bipolo que definen las exigencias históricas y estéticas. Restaurar no es, evidentemente, ni sanar sólo la materia,



Catedral de León. Pináculos del costado norte antes y después de la intervención de 1983. La oxidación de los vástagos de hierro y de las grapas que unen casi todos los elementos de piedra, producen el estallamiento de ésta. Frente a quienes proponen sustituir estos elementos por otros nuevos, hemos intervenido reparándolos cuidadosamente, insertando varillas de acero inoxidable en lugar del hierro oxidado y pegando los fragmentos con resinas epoxidicas. Con igual criterio se ha actuado en la aguja de la Torre del Reloj y en los demás ornamentos de piedra de toda ella, lo que constituye ya un documento elocuente.

ni dejar las cosas como nuevas, ni presentar un original fragmentado e incompleto sin el menor intento de búsqueda de su unidad perdida; en cada caso existe una amplia gama de posibilidades de intervención y la toma de conciencia de los muchos grados de libertad en la elección de lo que debe hacerse da la dimensión justa de la labor del restaurador. Es evidente que la conservación y restauración ha evolucionado desde el arte y los oficios hacia la ciencia y que actualmente se parece más a la medicina que a la fontanería, sin sentir sonrojo cuando se califica de ortopedia

remendona, sino más bien orgullo de labor científicamente bien realizada. Por esto, más allá de cualquier teoría, hoy lo riguroso en materia de conservación y restauración es tratar en primer lugar, de asegurar la protección y, a continuación, presentar la obra dentro del respeto al valor documental y artístico que le sea propio, con lo que se puede afirmar que<sup>88</sup> conservación y restauración no son entidades opuestas sino complementarias y requieren una misma actitud por parte de los especialistas.

“En muchísimas ocasiones, la fórmula del éxito ha podido resumirse en dos actitudes naturales, definibles por “respeto” y “amor”, respeto que viene de *respicere* = conocer, tomar conciencia de la individualidad única del monumento, y amor en ese concepto de Hegel de “afianzar al otro en otro”, ayudarles a ser lo que son y no transformarlos en lo que nos gustaría que fueran. ■



Durante la reinstalación de los pináculos desmontados en su lugar de origen.

## NOTAS

1 Camerman, C.: “Les carrières françaises de pierre de taille: Fiches Techniques», en *Société de diffusion des techniques du bâtiment et des travaux publics*. París, 1957.

2 Mamillan, M.: “Méthode de classification des pierres calcaires». *Annales de I.T.B.T.P.* n.º 125. París, 1958. pp. 469-526.

3 Centre Scientifique et Technique de la Construction. “Pierres blanches naturelles», note d’information technique n.º 80. Bruselas, 1970.

4 Iñiguez, J.: *Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción*. Publicaciones del Ministerio de Educación. Madrid, 1961

5 Baldini, U.: “Problemes de Conservation a Florence» en *I.I.C. London Conference on Museum Climatology*. Londres, 1967.

6 Dupas, N.: “L’analyse chimique des pierres calcaires et de leurs alterations dans les Monuments», en 3 é.

*Colloque sur l’alteration de pierres (ICOMOS-ICOM-Centre de Roma-IRPA)*. Bruselas, 1968.

7 Rutte, E.: “Kalkkrusten in Spanien», en *Neues Ib. Geol. n. Paläontool. Abh.*, vol. 106, n.º 1, 1958, pp. 52-138.

8 Kolarov, N., Cholacova, I., Proinova, R.: “Contamination of Calcium Sulfate during cristallisation from supersaturated solutions», en *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, vol. 9, 1964, pp. 421-423.

9 De Henau, P.: “Recherche de la signification de la structure des calcaires observée en lame mince», en 3 é *Colloque*. Bruselas, 1966, p. 23.

10 Delvert, J.: “Recherches sur l’érosion des gres des Monuments d’Angkor». *B. Ec. fr. Extreme Orient*, 1963, vol. 41, pp. 453-534..

11 Burgess, S.G. y Schaffer, R.J.: “Cleopatra’s needle», *Chemistry an Industry*, 1952.

12 Vóute, C.: “Indonesia. Geological and Hidrological

- problems Involved in the Monument of Borobudur». UNESCO, 1241/BMS/RD/CLT. París, 1969.
- 13 Jaton, J., Pochon, J., Delvert, J. y Bredillet, M.: «Etude du mond-milch des grottes du Cambodge» en Annales de l'Institut Pasteur, vol. 110, n.º 6, p. 912. París, 1966.
- 14 Sharma, B.N.: «Conservation of Temple Monument». Studies in Muséology. Baroda, vol. III, 1967, pp. 62-65.
- 15 Warnes, A.R.: Building stones, their properties, decay and preservation. Ernest Bern Ltd. London, 1926.
- 16 Kieslinger, A.: «Ein Beitrag zur Marmorverwitterung. Erneuerungen am Wiener Postparkassengebaüde». Osterr. Bamzeitung, 1. 9, p. 269. Viena, 1933.
- 17 Sneyers, R.: «Les maladies des pierres de nos Monuments», en Weteuschappelijke Documentatie. Edt. P.F. Merckx, p. 17. Bruselas, 1961.
- 18 Kieslinger, A.: «Les principaux facteurs d'alteration des pierres a batir», en ICOMOS, Monumentum, vol. II, p. 61. 1968.
- 19 Schaffer, R.J.: «The weathering of natural building stones». His Majesti's Stationery Office. Londres, 1932 (reeditado en 1950).
- 20 Sneyers, R. y De Henau, P.J.: «The conservation of Stone», en UNESCO. The Conservation of Cultural Property. Museos y Monumentos, vol. XI, p. 220. París, 1968.
- 21 Mamillan, M.: Patologie et Restauration des Constructions en pierré. ICCROM, Roma, 1972.
- 22 Honeyborne, D.B. y Harris, P.B.: «The Structure of porous building stone and its relation to weathering behaviour», en Everet, D.H. y Stone, F.S.: Butter-Worths, p. 343. Londres, 1958.
- 23 Hirschwald, J.: en Z. prak. Geol., n.º 16, p. 257,1908, según referencia de Kieslinger (18).
- 24 Rilem, Pem-25: Actividades desde 1964. Anteriormente, en 1957, Rilem organizó el coloquio Alteración de los materiales por el hielo.
- 25 Vos, B.H.: «Characteristic higric properties of materials and their measurement». Instituto TNO for Building Materials Rijswijk, 1968, report Bl.68/17/3, p.11.
- 26 Mamillan, M.: «La gélimité des matériaux», en Suppl. Annales de l'I.T.B.T.P., n.º 235-236, p.1.017. París, 1967.
- 27 Gérard, R.: «Determination de la resistance au gel des matériaux de construction par la porometrie au Mercure», en Revue du C.S.T.C., n.O 1, Bruselas, 1969.
- 28 Waller, R.E.: «Studies on the nature of urban air pollution», en Conference on Museum Climatology IIC, p. 65. Londres, 1967.
- 29 Thomson, G.: «Air Pollution: a review for Conservation Chemist», en Studies in Conservation, vol. 10, n.º 4, p.147. Londres, 1965.
- 30 Magill, P.L., Holden, F.R., Ackley, Ch.: Air pollution Handbook. McGraw-Hill-Book Co. Nueva York, 1956.
- 31 Winkler, E.M.: «Decay of Stone», en IIC Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects, p. 12. Nueva York, 1970.
- 32 Schaffer, R.J.: «The effects of air pollution on buildings and metalworks» en Air Pollution, p. 71, Butterworths. Londres, 1957.
- 33 Stambolov, T.: «Effects of Sulfur Pollution on Buildings Materials», en ICC-Conference on Museum Climatology, p. 18. Londres, 1967..
- 34 Romanovski, V.: «Studes sur les pierres calcaires des Monuments», en Corrosion et Anticorrosion, vol. 3, p. 191, 1955.
- 35 Mamillan, M.: «Recherches récentes sur le nettoyage des façades en pierre calcaire», en Suppl. aux Annales de l'I.T.B.T.P., n.º 199-200, pp. 858-888. París, 1964.
- 36 Stenestad, E.: «Schmutzempfindlichkeit der ziegeh, en Die Ziegelindustrie, n.º 20, p. 91, 1966.
- 37 Haagen-Smit, A.J.: «The chemistry of atmospheric pollution», en California Institute of Technology. Texto policopiado sin ref. de publicación.
- 38 Keller, B. y Reesman, K.: «Dissolved products of Artificially pulverized silicate minerals and rocks», en Journal Sedimentary Petrographie, vol. 33, p.191, 1963.
- 39 Massari, G.: Risanamento igienico dei locali umidi. Hoepli. Milán, 1959, (3.ª Ed. ampliada, 1967).
- 40 Henderson, M.E.K. y Duff, R.B.: «The release of metallic and Silicate ions from minerals rocks and soils by funjal activity», en Joumal Soil Science, vol. 14, n.º 2, pp. 236-246, 1964.
- 41 Reiher, H.: «Klimatologie der Gerbaüde», en Boden und Wanddecke, n.º 10, p. 814,1964. 42 Clapp, W.F. y Kunk, R.: «Marine Borers». Office Naval Research ACR-74, 1963.
- 43 Pochon, J.: «Facteurs biologiques de l'alteration des pierres», en Colloque I, p. 99. Bruselas, 1966.
- 44 Jaton, Ch.: «Contribution a l'étude de l'alteration des pierres». Tesis doctoral. Faculté des Sciences d'Orsay. Universidad de París, 1971.
- 45 Pochon, J.: «Rôle des bactéries dans certaines altera-tions des pierres des Monuments», en Chimie et Indus-trie, n.O 65, p. 496, 1951.
- 46 Pochon, J.: «Intervention bacterienne dans la deg-radation des temples d'Angkor»,en Comptes Rendues a l'Academie des Sciences, n.º 248, p. 3.644. París, 1959.
- 47 Pochon, J., y Coppier, O.: «Rôle des bactéries sul-fato-réductriees dans l'altération biologique des pierres des Monuments», en Comptes Rendues a l'Academie des Sciencies, n.º 231, p. 1.584. París, 1950.
- 48 Sadurska, I., y Kovalik, R.: «Experiments on control of Sulphur bacteria active in biological corros ion of

- stone», en *Act. Microbiol. POI*, vol. 15, n.º 2, p. 199, 1966.
- 49 Kauffmann, J.: "Rôle des bacteries nitrifiantes dans l'altération des pierres calcaires des Monuments», en *Comptes Rendues Ac. de Sciencies*, n.º 234, p. 2.395, 1952.
- 50 Kauffman, J. y Toussant, D.: "Corrosion des pierres: nouvelles expériences montrant le Role des bacteries nitrifiantes dans l'altération des pierres calcaires des Monuments» en *Corrosion et Anticorrosion*, 2, p. 240, 1954.
- 51 Levowitz, D.: "Anti-bacteria cement, gives longer lasting floor», en *Food Engineering*, n.º 24, p. 57, 1952.
- 52 Hueck-van der Plas, E.H.: "The microbiological deterioration of porous building materials». Central Laboratory TNO, report 6/67. Delft. 1967.
- 53 Coremans, P.: "La Protection du Patrimoine Culturel dans les climats chauds et humides», report ICOM. Leningrado, 1963.
- 54 Gairola, T.R.: "Examples of the preservation of Monuments in India», en *Museums and Monuments*. UNESCO, vol. XI: p. 150, 1968.
- 55 ICCROM: *Preservation of the Monument of Mohenjo Daro. Pakistan*. UNESCO. Roma, 1959.
- 56 Knest, G.: "Geological Considerations concerning the preservation of Egyptian Monuments specially of Philae, Abu Simbel and Luxor». Informe UNESCO, 1959.
- 57 Butterworth, B.: "Some striking examples of efflorescence on brickwork». 7 Congress Int. of Cemento Londres, 1960.
- 58 Butterworth, B.: "Les efflorescences sur les maçonneries en brique», en *Silicates Industriels*, 1955.
- 59 ICCROM: "Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings». Symposium, Roma, 3-6 nov. 1981.
- 60 Vitrubio: *Los diez libros de Arquitectura*. Reimpresión Obras Maestras. Barcelona, 1970.
- 61 Cennino Cennini: *El Libro del Arte*. Reimpresión en Ed. Meseguer. Barcelona, 1950.
- 62 Theophilus: *On divers arts*. Reimpresión en Dover Publ. Nueva York, 1979.
- 63 Pacheco, Francisco: *Arte de la pintura*. Reimpresión Instituto Valencia de D. Juan, 1956.
- 64 Doerner, M.: *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Ed. Reverte, Barcelona, 1965.
- 65 Siekles, LB.: "Organic Additives in Mortars», en *Edimburg Architecture Research*, vol. 8, pp. 7-20, 1981.
- 66 Jedrzejewska, H.: "Ancient Mortars as criterion in Analyses of old Architecture», en *ICCROM Symposium*, pp. 311-329. Roma, 1981.
- 67 Frizot, M.: "L'analyse des mortiers antiques: prob-  
lemes et resultats», en *ICCROM Symposium*, pp. 331-339. Roma, 1981.
- 68 Baldi, P., Cordaro, M., Mora, P., y Mora, L.: "Architecture/Couleur», en *ICCROM Symposium*, pp. 133-140. Roma, 1981.
- 68bis Esbert, R. y Marcos, R.: *Las piedras de la Catedral de Oviedo y su deterioración*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias. Oviedo, 1983.
- 69 Cabrera Garrido, J. M.: 1) "Proyecto para la conservación de dos arcos del Claustro de la Catedral de Oviedo», 2) "Proyectos para la conservación de esculturas de la Catedral de León, y pináculos del costado norte», 3) "Proyecto para la Conservación de la Portada de San Gregorio en Valladolid», 4) "Proyecto para la Conservación de la Portada de San Pablo en Valladolid». Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes. Madrid, 1983.
- 70 UNESCO: *International Council of Museum*. Leningrado. Moscú, 1963.
- 71 Rossi-Doria, P., Tabasso, M., y Torraca, G.: "Nota sui trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapidei». *Atti ICR. Laboratorio Prove su Materiali*. Roma, 1977.
- 72 Liberti, S.: "Consolidamento dei materiali da costruzione dei Monumenti Antichi». *Bolletino Istituto Centrale del restauro*, vol. 21-22, p. 43. Roma, 1955.
- 73 Rudel, J.: *Technique de la peinture*. Presses Univer. de France, 1950.
- 74 Petresco, E.: *L' art de la fresque*. Lefranc, París, 1948.
- 75 Alomar, G.: *Guillem Sagrera y la arquitectura gótica del siglo XV*. Ed. Blume, pp. 136-137, 1970.
- 76 Lewin, S.Z.: "The preservation of natural stone, 1839-1965», en *Art and Archaeology technical abstracts*, vol. 6, n.º 1, pp. 185-272. I.I.C. Londres, 1966.
- 77 Cabrera Garrido, J.M.:  
- "Etude Scientifique pour la Conservation du Portail de Ripolh, en *ICOMOS. Monumentum*, vol. 1, pp. 1. París, UNESCO 1967.  
- "Ultimas realizaciones en el programa para la conservación de la Portada de Ripoll». *Bulletin de l'I.R.P.A.*, vol. XV. Bruselas, 1975.  
- "La conservación de la piedra en nuestros monumentos», en *Boletín del ICCROM*, n.º 11. Madrid, 1970.  
- "Alteración, conservación y restauración de materiales pétreos en los monumentos. Aspectos actuales de su estudio y tratamiento». En *XXXI Congreso Luso-Español para el Progreso de la Ciencias*. Cádiz, 1974.  
- "Catedral de León: Sobre algunas particularidades tecnológicas en la conservación de la escultura lítica exenta». *II Congreso del Comité Español de ICOM*, pp. 157-169, 1978.  
- "Conservación y restauración de una escultura ibérica en piedra policromada del siglo IV a. de C. (Dama



de Baza), en Congreso Internacional del ICOM-Conservation UNESCO. Madrid, 1972.

- "Causas de alteración y métodos de conservación aplicables a los monumentos hechos con piedra», en Materiales de Construcción. C.S.I.C. Instituto Torroja, n.º 174. Madrid, 1979. - "Los capiteles del Claustro de Sto. Domingo de Silos: Tratamiento de conservación», en III Congreso del Comité Español del ICOM, pp. 191-198.1980.

- "Catedral de León: conservación de la aguja de la torre del reloj», en IV Congreso del Comité Español del ICOM, (en prensa), 1984.

78 Grissom, C.A. y Weiss, N.R.: "Alkoxysilanos in the conservation of art and architecture 186( 1981», en Art and Archaeology technical Abstracts, IIC, vol. 18, n.º 1, pp. 149-200,1981.

79 Diario de Burgos. Domingo, 26-6-1983, p. 26. Un resumen de la conferencia dictada en la Institución Fernán González por el arquitecto Marcos Rico Santamaría, el lunes 20-6-83.

80 Discursos leídos ante la Academia de la Historia el 3-1-1932. Gráficas Faure. Madrid, 1932, pp. 4-40.

81 Gómez Moreno, M.: Catálogo Monumental de España, "provincia de León» 1907-1908, vol. 1, pp. 222-224. Madrid, 1925.

82 Ceschi, C.: Teoria e storia del Restauro. Ed. Mario Bulzoni, pp. 107-114. Roma, 1970.

83 Plenderleith, H.J.: "The examination and preservation of painting: A digest», en The Museum Journal, t. XXXII, pp. 308-396, 1932-33. Recoge un amplio resumen de los puntos de vista fundamentales intercambiados en la Conferencia de Roma de 1930 del Office International des Musées, primer paso a escala internacional en la conservación del patrimonio cultural.

84 Ceschi, C.: Op. cit. Reproduce la "Carta de Atenas de 1931», que nació en 1931 con el convencimiento "de que la conservación del patrimonio artístico y arqueológico de la humanidad interesa a todos los Estados tutores de la civilización». No debe confundirse con la Carta de Atenas de 1933 de Arquitectura Moderna ni a los comentarios que hiciera Le Corbusier, al capítulo VII de Monumentos.

85 Brandi, C.: Teoria del Restauro, Ed. di Storia e Letteratura. Roma, 1963.

86 Philippot, A. y P.: En Bulletin de l'I.R.P.A., vol. II, p. 5, 1959 y vol. IX, p. 140, 1966. Bruselas

87 Sneyers, R.: "Suplemento» al Bulletin del I.R.P.A., vol. XVI. Bruselas, 1976.

88 Coremans, P.: "La Conservation des Monuments historiques et ses perspectives d'avenir», en Bulletin del I.R.P.A., vol. III, p. 112. Bruselas, 1960.

89 Cabrera, J. M.: "Conservación y restauración en 50 años de protección del P. A.» Ministerio de Cultura, pp. 45-53. Madrid, 1983.

### 1.3. Reinterpretación de los Factores de Riesgo



#### 1. INTRODUCCIÓN

Sobre la superficie de las piedras de los Monumentos se aprecian normalmente una serie de modificaciones, degradativas o no, que son el resultado de una combinación sutil de numerosos elementos, tales como: los materiales y técnicas empleados en la construcción, condiciones climáticas locales, forma y grados de la contaminación atmosférica, tipos de pinturas utilizados, restauraciones anteriores, etc... y así es como se ha ido creando una superficie de la piedra muy valorada por las modificaciones introducidas en el curso de los años y que, ennoblece en muchos casos los testimonios construídos de nuestra historia, según la normal apreciación de las personas cultas de casi todos los tiempos.

Las intervenciones sobre la piedra comportan dos campos de acción principales, el de la

limpieza y el de la reparación, consolidación y protección del material de cara a su mejor conservación futura. Aunque esta distinción es un tanto arbitraria y, en la mayor parte de los casos, la limpieza no es más que uno de los aspectos del trabajo de conservación, nos valdremos de ella para estructurar más cómodamente el contenido de esta Ponencia.

Limpiar las fachadas de los Monumentos no es, en absoluto, una cuestión difícil sino más bien una tarea técnicamente fácil de realizar, pero constituye incuestionablemente un asunto de gran complejidad el determinar lo que mejor conviene hacer en unas superficies que concentran lo más importante del significado histórico-artístico y ante una operación que es siempre irreversible. Nadie pone en duda hoy la necesidad de limpiar los Monumentos, pero unos imaginan que si se retira todo lo que hay sobre la piedra se recupera el estado primitivo de forma automática y sin hacerles daño, mientras que otros nos hacen ver unas superficies manufacturadas con estucos y pinturas, muy sensibles a las intervenciones renovadoras. Las divergencias no se manifiestan en modo alguno sobre el principio, sino sobre la aplicación, y por eso resulta importante la metodología con que se enfrente el problema de la conservación de la piedra en los Monumentos.

Desde mediados del siglo XVIII, empezó a desaparecer el gusto por la policromía en la Arquitectura y se desarrolló un interés creciente por los materiales desnudos en un "regreso hacia lo auténtico", cambio radical de moda que junto con los avances tecnológicos y la producción de materiales nuevos, generó una evolución en las formas de producir la Arquitectura. En su influencia sobre la Restauración, los mismos hechos condenaron a desaparecer todo lo que tape la piedra.

Conviene pues recordar como en el pasado se picaron las fachadas de piedra para eliminar los “embadurnamientos”, término con el que importantes restauradores definían los recubrimientos con pinturas y dorados sobre las fachadas Monumentales y que sin duda cumplieron una excelente función protectora de la piedra subyacente. De nuestra memoria tampoco puede desaparecer la nefasta campaña del quinquenio 1959-1964 promovida por André Malraux que dejó la piedra desnuda en los Monumentos de París y suprimió las epidermis de yeso en más de setenta mil fachadas del casco histórico reemplazándolas por recubrimientos plásticos. Y ver lo que actualmente ocurre en Berlín, sobre el color gris de los años 1880 en su sector Oriental, identificado actualmente con el color del comunismo y que está siendo reemplazado por la luminosidad policrómata de los pigmentos de Titanio, fruto del higienismo de la modernidad. Y lo que se inicia en Roma, que ya ha limpiado a fondo las fachadas de los templos de cara al jubileo del año 2000 y marcha a fondo y rápidamente sobre los edificios civiles, con el Museo de Arte Antigo a la cabeza de la operación sobre el centro histórico, en una apropiación del objeto arquitectónico del pasado para adaptarlo a lo que se le quiere hacer decir dentro de un tiempo de prioritaria valoración política.

## 2. CONSOLIDACIÓN Y PROTECCIÓN

Para consolidar y proteger la superficie de las rocas alteradas en los Monumentos, se ha intentado la aplicación de productos orgánicos e inorgánicos, pero los resultados conseguidos son, por lo general, poco satisfactorios. Aplicados en exteriores, estos tratamientos desilusionan muchas veces porque sus efectos no son generalmente muy duraderos, ya sea por la insuficiente penetración del producto en el material poroso, o debido a las características físicas de las películas forma-

das y la naturaleza misma de las sustancias empleadas.

La protección de las superficies de piedra se ha intentado por impregnación mediante disoluciones reales o coloidales de compuestos de calcio, bario y estroncio, aceites secantes, resinas naturales, caseína, albuminas, sólo o mezclados con alumbre, ceras, estearatos de aluminio y zinc, silicatos alcalinos, esterres silícicos, fluoruros, fluosilicatos, siliconas, parafinas, polímeros sintéticos de tipo vinílico, acrílico, epoxídico, de poliéster, principalmente. Una vez dentro del material poroso, las soluciones deben reaccionar con los componentes aplicados en segundo lugar o perder por evaporación el disolvente, con lo que las soluciones reales tienden a depositarse en el frente de evaporación y las dispersiones coloidales a romperse inmediatamente después de que la fase sólida se ponga en contacto con las paredes de los poros o con los electrolitos presentes capaces de provocar la floculación. En ambos casos lo que se logra es la deposición en la superficie del material pétreo poroso, lo que resulta normalmente poco útil o perjudicial pues atrae el polvo y la suciedad, dificultando la evaporación de la humedad y favoreciendo la formación de estalladuras y costras, por acumulación de las sales disueltas en los pocos sitios en donde el agua puede aún evaporarse; cuando las películas formadas son permeables, favorecen la acumulación de las sales y no suministran protección contra los gases de la contaminación atmosférica, agentes microbiológicos, y otros.

### 2.1. Compuestos de calcio, bario, estroncio, aluminio y zinc

La aplicación de “lechada de cal”, o de “agua de cal” obtenida la primera por saturación de cal apagada en 7 volúmenes de agua y, en la segunda, por enriquecimiento con anhídrido carbónico del bicarbonato cálcico disuelto para alcanzar una concentración de

1100 mg/ltr, está en el origen de una serie de formulaciones conseguidas por adición de sangre de toro, huevo, caseína, aceite y otros productos naturales como el alumbre y el borax, aditivos que mejoran considerablemente las características de la cal formando ventajosos compuestos intermedios a base de caseinato cálcico, jabones metálicos, etc... que continúan siendo de uso normal en las tareas de restauración de nuestro tiempo.

El empleo de los hidróxidos de bario y de estroncio, próximos por su naturaleza alcalinoterrea a la cal, se describe en una serie de patentes inglesas concedidas en el Siglo XIX, como por ejemplo la N°. 2267 del 27 de septiembre de 1856 para el tratamiento de la piedra formulado por F. Ransome ,impregnando consecutivamente con hidróxido de bario y con sulfato de aluminio con el fin de precipitar "alúmina de barita". El concepto de precipitación de sales insolubles de bario a partir de soluciones homogéneas, ha sido aplicado por Lewin en 1965 para formar carbonato de bario en el interior de la piedra impregnando con una disolución formada por 10 partes de hidróxido de bario, 5 partes de urea, 15 partes de glicerina y 55 partes de agua; Sayre, en 1970, precipitaba directamente el sulfato de bario o de estroncio por hidrólisis lenta de los monoesteres como el etilsulfato de bario o de estroncio, que por ser solubles en agua, se hidrolizan de la misma manera que cualquier ester para formar alcohol etílico y ácido sulfúrico o iones sulfato según el pH de la disolución, por lo que al estar presentes los iones de bario o de estroncio precipitan los sulfatos que son muy insolubles; el control del mecanismo de esta lenta reacción de hidrólisis, que se produce con cualquier pH a temperatura elevada, se conduce empleando como catalizador cualquier ácido o base debiendo siempre existir un exceso de hidróxido de bario o de estroncio suficiente para neutralizar los iones sulfato producidos durante la hidrólisis.

La importancia de los jabones metálicos, como los estearatos de aluminio o de zinc, para la consolidación y protección de la piedra, derivan de las experiencias efectuadas por Sylvester en el Parlamento de Londres, aplicando primero una disolución de jabón y seguidamente otra de alumbre, procedimiento descrito en 1861 y que por el gran éxito alcanzado fue recogido ampliamente en los recetarios bajo el nombre de "testalina".

## 2.2. Silicatos alcalinos, esteres silícicos y fluosilicatos

La Patente Inglesa N° 320 del 10 de febrero de 1855 refiere a Federico Kuhlmann como inventor del procedimiento de restauración para Monumentos y esculturas de piedra, consistente en la aplicación de capas sucesivas de una disolución de silicato de sodio o de potasio; el 23 de abril de ese mismo año de 1855, Kuhlmann solicita en España (No 1283) "Procedimiento para la aplicación de los silicatos, para el estuco, pintura, impresión y para el aderezo", afectada al Grupo C09 de la Clasificación Internacional de Patentes. En el año 1857 se aplicaron en la abadía de Westminster, y en las catedrales españolas de Cádiz y Burgos. Investigadores franceses del CNRS han informado de su aplicación, en 1853, a las catedrales de Chartres y París.

En 1861 el Profesor von Hofmann propone el empleo de "éter silícico" para frenar el deterioro de la piedra con "sílice de cuarzo" combinada con "espíritu de vino" formando "éter silícico" que expuesto a la atmósfera deja libre el espíritu del vino depositando cuarzo hidratado. En ese mismo año se suceden las propuestas técnicas formuladas por 1) Sir William Crookes con el empleo del fluosilicato de aluminio, 2) Jesse Rust con la aplicación sucesiva de ácido fluosilícico y agua de barita, 3) la técnica de Ransome con la aplicación sucesiva de silicato de sodio y de cloruro cálcico para precipitar silicato cálcico en la piedra, o 4) la técnica de Szerelmey consistente en aplicar tres capas de

silicato sódico seguidas de una final de barniz bituminoso, entre otras muchas que originaron multitud de Patentes.

Los silicatos alcalinos que están comercialmente disponibles como líquidos, se consideran soles del ácido silícico estabilizados con hidróxidos alcalinos. Expuestas al aire, estas dispersiones coloidales absorben el CO<sup>2</sup> que carbonata a los estabilizadores alcalinos y el ácido silícico precipita como un gel transparente y blanco. La deposición se produce inicialmente en la superficie del material tratado, con lo que se limita la penetración del gas a través del gel de sílice formado y no se logra una deposición completa por lo que, para mejorarla, se efectúa un tratamiento posterior con soluciones de cromatos alcalinos, pirofosfatos alcalinos o sales de ácido fosfórico, tungsténico o piroantimónico, etc..., actuando también estos tres últimos para precipitar los iones alcalinos. Como las soluciones de silicatos alcalinos no mojan bien a los materiales pétreos, se suelen adicionar con glicerina, aceites sulfonados, etc... A pesar de todo, los silicatos alcalinos ofrecen bastantes dudas por la importante producción de sales solubles y la formación de capas de consolidación de baja elasticidad.

Los ésteres silícicos, de los cuales es el llamado silicato de etilo el que se ha estudiado con más atención, están considerados por King (1936) como una solución orgánica de sílice coloidal y silicato de etilo que seca con rapidez en dos etapas distintas: se inicia con la gelatinización que se produce a causa de la evaporación del disolvente y continua con un fenómeno de endurecimiento que es el resultado de una reacción entre el éster y la humedad del aire que hidroliza el compuesto proporcionando alcohol y ácido silícico que, finalmente, se deshidrata dando sílice.

El éster silícico más corrientemente usado para la preservación de las piedras en los Monumentos es el silicato de etilo que, impregna bien y se hidroliza pronto, ya que

con frecuencia las firmas comerciales presentan el producto parcialmente hidrolizado con ciclohexanona, glicol o tetralina a fin de que la precipitación con la humedad sea más rápida y el ácido silícico adhiera bien sobre las superficies impregnadas. La adición de siliconas de pequeño tamaño de molécula, como el metiletoxisiloxano en la proporción 1 : 1 y diluyendo con etanol, hace que éste también se hidrolice dando ácido metilsilícico que, aparte de contribuir a la estabilización, también hidrofuga las piedras. Se han hecho muchos esfuerzos para perfeccionar un método de consolidación de la piedra con soluciones organosilícicas, pero es necesario aceptar las importantes limitaciones que presentan ante fenómenos de cristalización de sales y otros, así como los referentes a que el personal debe evitar toda exposición innecesaria o prolongada a los vapores de estas soluciones, conviniendo advertir que en general son inflamables. El costo elevado se sitúa como uno de los inconvenientes, dado que la aplicación debe realizarse hasta saturación del material poroso y esto puede elevar el consumo de producto hasta unos 5 litros por m<sup>2</sup> dependiendo de la porosidad del material, lo que puede producir un costo de unas veinte mil pesetas por m<sup>2</sup>. Aunque vienen siendo presentadas como "curalotodo" por numerosos científicos y laboratorios inexpertos en los problemas de Restauración que se limitan a reproducir en Memorias de Investigación y comerciales los mismos datos y experiencias copiados de autores extranjeros de hace varias décadas, se deben tratar como un recurso más entre los utilizables por el restaurador de acuerdo con las exigencias que cada caso plantee.

El ácido fluosilícico es un ácido fuerte capaz de dar, en contacto con las calizas una costra de fluoruro cálcico y, debido a que la reacción es enérgica, los productos tienden a cristalizar y se pierde en gran parte su función de adhesivo. Los productos disponibles comercialmente están parcialmente descompuestos en fluoru-

ro silícico y ácido fluorhídrico, siendo siempre la relación F: Si mayor de 6. por lo que el ácido fluorhídrico produce la decoloración de compuestos de hierro, disuelve lentamente los granos de arena y forma una corteza dura y densa, de gran fragilidad, que puede descamarse por la acción de las sales producidas por los productos que quedan dentro después del tratamiento.

Los fluosilicatos proporcionan mejores resultados y muchas de estas sales están disponibles comercialmente como soluciones, siendo importantes los de aluminio para neutralizar los enyesados frescos, el de magnesio para endurecer los enyesados antiguos y las calizas, el de plomo para proteger la superficie tratada contra la suciedad atmosférica, el agua del mar y el humus, el de zinc es el más efectivo para endurecer el hormigón de cemento. Los de aluminio y plomo, debido a su considerable acidez, causan efervescencia en las calizas, pero las soluciones con varios fluosilicatos pueden ser muy útiles para controlar especialmente sus propiedades de tal forma que, aplicados con brocha dos veces al 10%, seguido de tres aplicaciones al 20% con ocho días de intervalo entre cada aplicación, puede producir resultados satisfactorios, pero siendo activos sobre materiales calcáreos, la efervescencia del CO<sub>2</sub> hace que los productos depositados sean esponjosos y, por la tendencia a cristalizar del fluoruro cálcico, se debilita la coherencia de la piedra en vez de fortalecerla. Por esto, el endurecimiento inicial de la caliza tratada debe considerarse con reservas ya que en muchos casos se ha visto que la alteración continúa por debajo de la costra dura. En el caso de areniscas, se deben impregnar primero con silicatos alcalinos y luego aplicar fluosilicatos, lo que aumenta el riesgo de sales solubles. El tratamiento recomiendan que se repita cada ocho años. El uso del ácido fluosilícico y de los fluosilicatos no es muy popular actualmente debido a que no se logran penetraciones adecuadas, originan capas de conso-

lidación frágiles y generan depósitos salitrosos subyacentes.

### 2.3. Plásticos

La ingeniería química ha logrado colocar en el mundo de la restauración arquitectónica, a través de sus industrias de obtención y de transformación, una amplia serie de materias primas y de productos a base de diferentes compuestos orgánicos, comúnmente conocidos por el nombre genérico de "plásticos", o mas técnicamente por "resinas sintéticas" que han ido sustituyendo a los materiales naturales en la mayor parte de sus diferentes usos. La industria de la pintura y barnices, al estudiar y desarrollar el conocimiento y empleo de los polímeros naturales, produjo de forma consecuente la formulación de los productos de síntesis de mejor resistencia química y mecánica, cuyo nacimiento puede situarse en 1855 con la patente del celuloide formulada por el químico inglés Alejandro Parkes, producto que aún continua siendo utilizado.

Muestras de calizas y areniscas han sido tratadas con disoluciones de polimetacrilato de metilo al 1 % en tricloroetileno, con poliester al 5% en benceno, con policloruro de vinilo al 2% en white spirit, con copolímeros de estireno-butadieno al 5% en xileno, con caucho-neopreno al 0,5% en benceno, con monómeros de poliésteres estructurales, resinas epóxicas, entre otros.

En todos los casos se ha demostrado que se reduce la porosidad de la capa superficial, lo que aumenta su estabilidad frente a los agentes externos de corrosión de la piedra, pero como la deterioración de este material se debe principalmente a la humedad y a las sales internas, con el tiempo se suelen producir intensas alteraciones.

En las fisuras y juntas entre sillares también se han aplicado disoluciones espesas de resinas vinílicas, como el Mowilith-50 (de fabricación Hoeschst, un poliactato de vinilo), o morteros de cal con aditivos al 10% aproxi-

madamente, como el poliacetato de vinilo, o polimetilmetacrilato, ambos en emulsión, y también abietato sódico al 0'2-0'3%, lo que aumenta la impermeabilidad y mejora las características de la mezcla ante fenómenos de retracción, reemplazando con excelente fiabilidad las prestaciones alcanzadas tradicionalmente por adición de sustancias proteicas como la leche y la sangre.

### 2.3.1. Siliconas

Los materiales resinosos del silicio que se popularizaron hacia 1940 por los trabajos que desde principios de siglo venían realizando Kipping y su escuela, son los productos de la hidrólisis de los cloruros alquílico y arílico de silicio, que recibieron la denominación vulgar de "siliconas" por la similitud de su fórmula elemental con la de las acetonas orgánicas. Su existencia nace en los descubrimientos de Berzelius en 1823 sobre la química del Silicio y en los avances conseguidos por Moissan en 1853 que alcanzaron un importante desarrollo. En 1860, Friedel, Crafts y Ladenburg avanzan de forma significativa las experimentaciones y, la fabricación industrial recibió un impulso definitivo con el descubrimiento de Rockow y Müller para su obtención por el método directo a partir de silanos, mucho más fácil y económico. En la primavera de 1945 un ingeniero americano presentó de manera original las siliconas ante una conferencia de prensa, sacando de un cubo de agua unos cigarrillos que, al haber sido impregnados con siliconas, no se mojaron y ardían por tanto perfectamente bien, con lo que el mundo se enteró del nacimiento, en el plano industrial de una extensa familia de sustancias con representantes de las más variadas propiedades.

El curso de la resinificación o polimerización, como resultado de la hidrólisis, consiste en primer lugar en la producción de hidroxicompuestos que, a continuación, se condensan juntos para dar polímeros de mayor peso

molecular, los cuales están caracterizados por la formación de la cadena Si-O-Si-O, con grupos metilo o similares unidos al átomo de silicio.

Se emplean normalmente dos tipos de siliconas; las más corrientes son resinas silicona con grupos de hidroxilo y alcoxilo que se aplican sobre las piedras en forma de disoluciones con disolventes orgánicos y el segundo tipo son soluciones en agua de siliconato sódico. Las primeras actúan por hidrólisis atmosférica del grupo reactivo y condensación de algunos de los productos intermedios de la reacción, con lo que la resina reacciona entonces, bien sea con los grupos de hidroxilo o con el agua absorbida sobre la superficie mineral, conduciendo a una unión de valencia primaria entre la resma y el material. En las disoluciones acuosas de siliconato sódico, la hidrólisis de esta sal provoca una ligazón entre el siliconato y la superficie mineral y, por evaporación, se forma siempre una película que repele el agua. De esta forma, el siliconato sódico hace impermeables las calizas y el mármol, mientras que las resinas siliconas dan poco resultado en estos materiales, aunque esto puede evitarse impregnandolas previamente con fluosilicatos, silicatos alcalinos y esteres silícicos; esto es posible porque las siliconas reaccionan con los átomos de silicio químicamente, pero en los materiales carentes de silicatos sólo se logra una absorción física.

Una disolución al 4% en agua de metilsiliconato sódico hace a las calizas hidrófobas y, para areniscas, también se consiguen buenos resultados con disoluciones al 3%. Como las siliconas son muy sensibles al agua con reacción alcalina, se deberán tomar precauciones especiales en estos casos, y también es preciso controlar la penetración alcanzada pues, en los materiales calientes por el Sol, se produce una evaporación rápida del disolvente de las siliconas lo que hace que disminuya la penetración, aunque en paredes de ladrillo

calientes se han medido penetraciones de 5 a 10 milímetros.

Teniendo en cuenta el carácter de inercia química de las siliconas absorbidas por un material pétreo, la hidrofobicidad que le suministran puede durar bastante aunque ésta depende de la alcalinidad del medio y de la contaminación de la atmósfera local; en paredes de edificios expuestas al mar, pierde su eficacia en unos dos años, mientras que en los paramentos protegidos de la acción directa pueden seguir siendo eficaces diez años después aproximadamente.

La permeabilidad de las películas de siliconas al vapor de agua, se considera una ventaja adicional porque reduce el contenido de agua en el material por impedir el acceso del agua líquida y permitir la evaporación del agua ya presente en el interior, pero también generan efectos no deseados por la aparición de manchas debidas a la cristalización de las sales por detrás de la superficie tratada y posterior decamación de la misma ante los procesos de cristalización-eflorescencia regulados por los cambios de la Hr del aire; tampoco ha aparecido la protección que se esperaba frente al hielo y la contaminación atmosférica.

Las calizas tratadas con siliconato sódico permanecen largo tiempo limpias, en comparación con las calizas no tratadas, pero esto tiene poca importancia frente al factor negativo del contenido alcalino del siliconato, que produce mayor erosión debido a las sales que genera.

La polimerización de las resinas siliconas, por ligazón entre grupos hidroxilos libres produciendo enlaces cruzados con puentes de oxígeno, puede inducirse por aumento de la temperatura y por la acción de catalizadores tales como el naftenato de zinc o la trietanolamina. Cuando se une al silicio un grupo etilo, en lugar de un metilo, en la cadena de siloxano, se obtiene un producto más blando, más soluble y de endurecimiento más lento; la sustitución de un grupo fenilo por un metilo

conduce a resinas quebradizas y frágiles; por enlace de ambos grupos, alquilo y fenilo, al mismo átomo de silicio, o por condensación de alquilo y fenilo siliconas para hacer un copolímero, se han conseguido resinas con ventajosas propiedades intermedias. La viscosidad con que pueden obtenerse va desde 0,65 centistoke a 1.000.000 cs.

De las experiencias de control efectuadas sobre probetas de piedra tratadas con distintos productos comerciales, a base únicamente de resinas siliconas disueltas en disolventes orgánicos y prescindiendo de los siliconatos, se ha podido comprobar que, por su débil tensión superficial, mojan bien la superficie del material y penetran más o menos profundamente de acuerdo con la viscosidad de cada producto, tapizando las paredes de los poros con una película permeable a los gases y vapores pero impermeable al agua líquida. El estudio de los productos suministrados por distintas firmas indican que, todos ellos pertenecen al grupo de las Metilsiliconas, pero se observa que calentándolos 24 horas a 50° C y después 4 horas a 100° C, unas resinas continúan siendo viscosas mientras que otras endurecen en masa homogénea y, otras aún endurecen y se fragmentan en gránulos pseudocristalinos, por lo que la eficacia del producto es diferente en cada caso. La experiencia demuestra que, aunque estas diferentes resinas han dado buenos resultados después de cuatro años de exposición, a un plazo más largo, la eficacia está condicionada por la naturaleza de la piedra y el tipo de resina empleada.

Si a determinadas siliconas, no totalmente equilibradas, se les somete a un proceso de vulcanización a base de un catalizador y casi siempre calor, se obtiene un elastómero, caucho de siliconas muy utilizado en restauración como masilla que une bien y rellena juntas con facilidad, pudiendo utilizarse como base de obtención de moldes para hacer reproducciones de objetos.



### 2.3. 2. Resinas de poliéster

Se da este nombre a un grupo muy complejo de resinas de propiedades y aplicaciones diversas, que se caracterizan por tener en su molécula grupos éster.

Se denominan alquídicas, gliceroftálicas o gliptales, y vienen siendo preparadas industrialmente desde 1929 como resultado de la reacción entre el anhídrido ftálico y la glicerina. Al reaccionar en caliente estos dos productos, se forman cadenas lineales termoplásticas que luego reaccionan entre sí dando moléculas tridimensionales muy estables, infusibles e insolubles. Los gliptales preparados de esta manera se modifican por adición de diferentes ácidos grasos como los procedentes de aceites secantes o no secantes (linaza, ricino, madera, ongokea, aceite sulfurado, etc.), ceras (de abejas, de Montana, de carnauba o spermaceti, etc.), resinas naturales o las sintéticas (ureaformaldehído, fenolformaldehído o compuestos vinílicos con el acetato, propionato o butirato de polivinilo, etc...) pudiendo así obtenerse multitud de productos de propiedades muy diversas.

Hacia 1950 alcanzaron gran importancia técnica los llamados "plásticos reforzados" formados a partir de gliptales modificados con resinas vinílicas, lográndose así una amplísima gama de productos flexibles o rígidos, duros o blandos, etc... Como se ha dicho, el polímero de poliéster es de cadena lineal larga con dobles enlaces y es termoplástico, pero mediante la adición de un monómero vinílico se logra que, durante la polimerización se produzcan entrecruzamientos de las moléculas, obteniéndose así una macromolécula tridimensional y, por tanto, termoestable.

Estas mezclas se polimerizan bajo la acción de ciertos catalizadores y hay varios métodos para polimerizar compuestos olefinicos. El más empleado es por polimerización de radicales en cadena con peróxidos como iniciadores, debiéndose calentar la

mezcla para formar una cantidad suficiente de radicales por disociación de los peróxidos como, por ejemplo, el peróxido de isobutilo o el diisopropilperoxidicarbonato, que pueden resultar explosivos y son de difícil manejo. Para acelerar la polimerización a la temperatura ambiente se añaden "activadores" que provocan la disociación de los "iniciadores" de peróxido y para esto sirven numerosas sustancias: para los peróxidos de acilo como el peróxido de benzoilo se emplean aminas terciarias como la butilamina, y para los hidroperóxidos como el de metiletilcetona se emplean los organometálicos como el octoato o el naftenato de cobalto. De esta manera, el complejo iniciador-activador excita los dobles enlaces e induce la polimerización tridimensional con lo que la resina siruposa se espesa notablemente hasta gelificar y, a partir de ese momento, debido al carácter exotérmico de la reacción, aumenta notablemente la temperatura de la masa que se endurece rápidamente. De todos modos debe evitarse un endurecimiento demasiado rápido ya que favorece la aparición de tensiones en la masa que empeoran las características mecánicas del producto final.

### 2. 3. 3. Resinas etoxilénicas

Caracterizadas por moléculas lineales con grupos terminales epoxi de gran reactividad, son sustancias que aparecen hacia 1950 como producto de la reacción entre un difenol y la epiclorhidrina por lo que, variando la proporción de estas dos, pueden obtenerse una amplia gama de productos, desde resinas líquidas a temperatura ambiente hasta otras de punto de fusión superior a 200° C. El carácter termoplástico derivado de su estructura lineal, puede modificarse bajo la acción de ciertos "catalizadores" de tipo amina (como el diaminopropano, etc.), produciéndose así una reacción con los grupos epoxi que conduce a la formación de moléculas tridimensionales de una estabilidad muy elevada. Por tener

en su molécula sólo uniones entre carbono y uniones tipo eter, presentan una notable estabilidad frente a los agentes químicos, sobre todo los alcalis. Pese a su dureza, son algo elásticas por lo que presentan interesantes propiedades mecánicas; además, debido a su estructura, poseen una notable adhesión sobre muchos materiales, lo que permite preparar adhesivos de características extraordinarias, como, por ejemplo, uniones entre metales más resistentes que una soldadura.

Para la consolidación de los materiales pétreos se han utilizado también resinas epóxicas, habiéndose recomendado que el tratamiento se inicie impregnando el material con acetona y luego, aplicar acetona-resina endurecedor, aumentando la concentración de resina paulatinamente la cual, por su presión parcial de difusión, desplaza a la acetona al cabo de unos días. Dada la alta viscosidad de las resinas epóxicas, de 10.000 a 16.000 cp., para productos corrientes, se precisa normalmente la adición de diluyentes reactivos (por ejemplo el diglicidil eter, butadieno dióxido, vinilciclohexano dióxido, etc...) los cuales, conteniendo dos grupos epoxi activos en una molécula relativamente pequeña, tienen una viscosidad muy baja de unos 10 cp., y pueden polimerizar con los reactivos normales.

Pero los mejores resultados se han obtenido añadiendo a la mezcla epoxi-endurecedor una proporción de hasta el 50% de silicato de etilo, con lo que la viscosidad baja hasta casi 1 cp., comparable a la del tolueno puro, aunque no está totalmente aclarado si es que se produce una hidrólisis del ester silícico o se produce alguna reacción con los grupos hidroxilo de la resina epóxica. También se puede añadir a la resina epóxica el metiltrimetoxi-silano, en sustitución del silicato de etilo, con lo que se consiguen magníficos resultados frente al agua en las piedras tratadas.

#### 2.3.4. Resinas acrílicas

Las investigaciones de índole industrial acerca de las posibilidades técnicas del ácido acrílico, habían comenzado antes de la 1ª guerra mundial, y más tarde se estudiaron los compuestos metacrílicos, que condujeron finalmente a la obtención del "plexiglas" a través de un camino extraordinariamente difícil, partiendo del carbón y de la cal como materias primas.

En piedras calizas y areniscas, se han comunicado resultados buenos al impregnarlas con soluciones al 5% en tolueno de los acrilatos Paraloid B- 72 (de fabricación Róhm&Haas, mezcla de dimetilacrilato y etilmetacrilato) y Bedacryl 122X (de fabricación Imperial Chemical Industries, un ester polimetacrílico parcialmente polimerizado, al 40% en xileno), añadiendo a estos compuestos, a veces, una pequeña cantidad de silicona o de ceras microcristalinas según que se desee aumentar la permeabilidad o la impermeabilidad de la superficie tratada.

Como las moléculas de polímeros sintéticos son generalmente muy grandes, se deben evitar las dispersiones coloidales, empleando mayormente las disoluciones diluidas pero, por regla general, la evaporación del disolvente tiende a depositar el polímero desde el frente de evaporación hacia el interior, lo que favorece la formación de películas superficiales. Al estudiar los mecanismos de acumulación de las resinas en las superficies de evaporación, en función de las variables relacionadas con: los diferentes tipos de plásticos, concentración de las disoluciones, volatilidad de los disolventes y diluyentes, tiempo y temperatura de secado, principalmente, se ha podido comprobar que disoluciones de polimetacrilato en una docena de disolventes cuya volatilidad varía entre 2'1 y 163 respecto al eter etílico, produce una migración similar excepto para el *white spirit* que produce

deposiciones uniformes en toda la muestra para temperaturas comprendidas entre 20 y 100° C. También se ha visto que al disminuir la velocidad de evaporación por medios externos, mejora la distribución de la resina en la muestra impregnada, y que la concentración de la resina en la disolución influye en el fenómeno de migración pues, al 5% el corazón de la muestra no queda consolidado pero sí lo está a partir del 10%.

Para la consolidación de calizas y areniscas con disoluciones de resinas acrílicas se aprecia que la mayor importancia debe darse a las condiciones de impregnación profunda, disolvente verdadero en la menor proporción posible con la mayor cantidad de diluyente *white spirit*, concentración de resina al 10% y secado tan lento como sea posible.

### 2.3. 5. Impregnación con monómeros

La impregnación con monómeros que después polimerizan en el interior de los poros de la piedra, tiene grandes ventajas. Los monómeros acrílicos, debido a su baja viscosidad de unos 0'6 centipoises, penetran profundamente y allí endurecen sin peligro de que se acumulen en lugares no deseados, como sucede con los procesos de evaporación de las disoluciones o emulsiones acuosas de los polímeros. Para los monómeros acrílicos de metilmetacrilato con iniciadores de peróxido de benzoilo al 2% y activadores de disociación de dimetilparatoluidina al 0'6%, la viscosidad empieza a aumentar a las dos horas, por lo que antes se impregna la piedra y luego se reduce la acción del oxígeno (que puede llegar a impedir el endurecimiento), cubriendo la superficie con un papel de aluminio, pasta de glicol espesado, cera, o sumergiendo los objetos en agua si esto fuera posible. También se pueden utilizar como "catalizadores" compuestos de borano o aplicar monómeros difuncionales.

El endurecimiento de monómeros en el interior de los materiales porosos se ha con-

seguido también por irradiación con isótopos radiactivos como el Cobalto-60, sin emplear ningún catalizador, obteniéndose resultados muy satisfactorios tanto con los acrílicos como con otros sistemas de monómeros tales como el estireno. Acrilonitrilo, cloruro de vinilo, acetato de vinilo, dietilftalato, estireno/acrilonitrilo, estireno/poliéster, estireno/epoxi, etc..., aunque quedan aún por resolver bastantes cuestiones relacionadas con el difícil comportamiento térmico del conjunto piedra polímero y la difícil puesta en obra de los instrumentos capaces de suministrar la radiación cualitativa y cuantitativamente necesaria, entre otras cuestiones.

### 3. CERAS

Aunque existen numerosos inconvenientes que restringen teórica y prácticamente el empleo de ceras y parafinas en el tratamiento de materiales pétreos, se están usando muy a menudo para consolidar y proteger materiales alterados.

La cera de parafina se utilizó en disolución al 10% en *white spirit* sobre granito, aplicando la disolución dos veces consecutivas y, una vez evaporado el disolvente, se procede a calentar la superficie con soplete para derretir la cera en las fisuras. También se ha utilizado para consolidar elementos escultóricos con avanzada deterioración causada por sales, mezclando dos partes de cera de abejas y ocho partes de cera de parafina, fundiendo la mezcla con calor y haciéndola gotear sobre la piedra calentada con infrarrojos, con lo que se consigue el bloqueo de las sales en el interior de los poros y dentro de la masa de cera, por lo que la cantidad de cera consumida significa un índice de la bondad del tratamiento, contrariamente a lo que ocurre con las resinas que deben utilizarse en la menor cantidad posible que asegure la cohesión entre las partículas disgregadas.

Como consolidante y protector del granito, también se han utilizado las ceras sintéticas

microcristalinas (Cosmoloides de fabricación Astor Boiseller de Londres), pues presentan algunas ventajas dado que el punto de fusión puede ser mayor o menor según los distintos tipos, presentando una menor adherencia al polvo y a la suciedad. Para la consolidación de esculturas alteradas se han aplicado con pistola, disolviendo en *white spirit* una mezcla de parafina y polietileno.

En Galicia, se ha consolidado granito de los Monumentos utilizando una mezcla de cera de abejas y azufre, que se extiende sobre la roca previamente calentada con un soplete, estando inspirado este método en la técnica utilizada por los canteros gallegos para pegar fragmentos de granito.

#### 4. ADHESIVOS ESTRUCTURALES

Los adhesivos para reparar fracturas en las piedras de construcción, tienen como misión unir en forma permanente las dos superficies separadas por el siniestro.

Antiguamente se empleaban productos naturales como el azufre fundido, resinas naturales fundidas o disueltas en aceites secantes, gomas naturales, proteínas de leche, huevo, sangre, cola a partir de retazos de piel animal o de pescado, etc. que están ampliamente recogidos en los recetarios industriales de diferentes épocas, muchos de ellos publicados en español. Con la aparición del cemento, fueron numerosas las formulaciones para su uso como adhesivo de la piedra, formando lechadas de extraordinaria resistencia.

En nuestro siglo, la utilización industrial de los materiales plásticos ha permitido preparar adhesivos estructurales de características extraordinarias, con un grado de prestaciones impensable con anterioridad y que, como hemos visto antes, pueden crear uniones entre metales más resistentes que una soldadura.

Las fuerzas de unión, se basan principalmente en la interacción de los átomos en con-

tacto entre el adhesivo y las dos superficies del objeto que se desean unir, interacción que se establece al cortarse los orbitales de los electrones de los átomos superficiales, con lo que se disponen así electrones comunes con una configuración estable que se traduce en una fuerza de adherencia que es prácticamente igual a la fuerza de cohesión interna en materiales no cristalinos. De estas fuerzas, las más importantes son las de valencia secundaria conocidas como fuerzas de van der Waals, pero también tienen relevancia las de valencia primaria, ya sean las iónicas y electrostáticas conocidas como fuerzas de Coulomb, o las de enlace covalente por pares de electrones, y también las metálicas debidas a los electrones libres en las estructuras cristalinas. Las diferentes teorías elaboradas para justificar los fenómenos de la adhesión entre superficies, se refieren principalmente a su carácter mecánico, de difusión, electrostático y de adsorción físico-química, siendo estas últimas las que justifican de forma más general los mecanismos dependientes esencialmente de las fuerzas de van der Waals.

En consecuencia, cuanto mayor sea la superficie de contacto mayor será la fuerza de adherencia, siempre que el adhesivo se distribuya adecuadamente sobre dicha superficie, por lo que reviste gran importancia la tensión superficial (también llamada energía libre superficial) de los materiales en presencia pues, cuanto mayor sea ésta más fuerte será la unión.

Para la aplicación práctica, es necesario preparar las superficies limpiándolas a conciencia de toda clase de impurezas, especialmente las grasas por su baja tensión superficial, con métodos mecánicos y químicos tales como chorro de arena u otros abrasivos enérgicos, disolventes, vapor de agua, etc... así como aplicar a la unión presiones de entre 1'5 y 3'5 kg/cm<sup>2</sup> para evitar las burbujas de aire que generan una pérdida de superficie de adherencia.

Los tipos de adhesivos que se emplean en restauración de piedra, se presentan normalmente en forma de pasta y son esencialmente del tipo poliéster y epoxi, cumpliendo con eficacia los requerimientos técnicos solicitados por los restauradores.

## 5. LIMPIEZA DE LA PIEDRA

Mantener limpios los Monumentos es, no solamente una exigencia estética sino también una necesidad técnica para la conservación de los materiales, por lo que se requieren intervenciones periódicas dentro de los programas de mantenimiento de los edificios. En contra de las razones dadas por los restauradores, cada día se aplican más los distintos sistemas industriales que tienden a liberar la superficie de todas las sustancias adheridas a la piedra, lo que hace desaparecer la superficie manufacturada que constituye uno de los elementos más destacados de su significado cultural, por lo que muchos están siendo alterados más o menos intensamente. Desde la restauración se explica con claridad que en todas las operaciones de limpieza, la superficie de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas y aún técnicas, por cuanto desempeña normalmente una función protectora, como demuestra el que la corrosión suele comenzar en las lagunas de la patina. Se puede eliminar la materia acumulada sobre la piedra (detritus, polvo, hollín, excrementos de palomas, etc...) usando solamente cepillos vegetales o chorro de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas y, en general debe excluirse todo chorro a elevada presión ya sea de arena natural, agua o vapor, desaconsejándose el lavado de cualquier tipo.

La limpieza de fachadas con procedimientos industriales tiene como objetivo primordial cumplir con las especificaciones técnicas de los sistemas diseñados para obra nueva, para lo que es condición primera una limpieza a

fondo que permita aplicar los productos sobre un sustrato sano, por lo que resulta extraordinariamente difícil conciliar este punto de vista con el que se propone la protección de los restos de estucos de yeso y cal, policromías y patinas que la restauración exige.

En los Monumentos, se cree firmemente que deben excluirse lo que llamamos sistemas industriales, debiendo ejecutarse los trabajos con procedimientos lo más manuales y lo menos automatizados que sea posible. La limpieza tiene como fin hacer legible la superficie para restituirle su significado y es siempre una operación delicada porque es irreversible. Si bien el principio es sencillo, resulta a menudo difícil de ejecutar ya que el estado que se procura alcanzar con la intervención, depende en gran medida de los mensajes de que es portador, que son de muy diversa índole y, a veces, poco perceptibles a simple vista, por lo que un tratamiento imprudente puede destruirlos. Por esto, más allá de que unos métodos de trabajo puedan parecer más recomendables que otros, lo que de verdad importa saber es el estado de superficie que tenemos y aquel que queremos alcanzar, pues ese proyecto es el que tenemos que realizar utilizando los medios adecuados para conseguirlo. Hemos pues de convenir en que la limpieza sólo puede encomendarse a quienes comprendan la naturaleza de los mensajes contenidos en esas superficies y sepan restaurarlos, pues no existen métodos ni productos que resuelvan por sí solos la falta de conocimiento y criterio de un operador poco o mal instruido en las bases metodológicas de la restauración moderna.

## 6. DESCRIPCIÓN PRÁCTICA DE LOS PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS

### 6.1. Limpieza de la superficie de la piedra

Conviene establecer una distinción entre las nociones de "suciedad" y "retención de la

suciedad”, pues mientras que la primera está provocada por la acción del ambiente exterior, la retención es una característica del material, por lo que la importancia del fenómeno dependerá de ambos factores. La composición química y la morfología de las partículas de suciedad así como la forma en que llegan sobre la piedra son cuestiones importantes para el estudio básico del problema; respecto a la retención, en el caso más simple es de naturaleza mecánica, especialmente para las partículas groseras más fáciles de eliminar, pero generalmente pone en juego diferentes fuerzas de van der Waals y de Coulomb que fijan las partículas sobre la superficie de las piedras. La oleofilia desempeña igualmente un papel en el caso del ensuciamiento por alquitrán y aceites, y también influye la finura y las irregularidades de la superficie de la piedra.

El desprendimiento de la suciedad es un proceso fisicoquímico de superficie. El agente de lavado no sólo sirve para llevar consigo las impurezas, sino también para transmitir al material una energía cinética, pudiendo de esta forma ser arrastradas las partículas por el fluido en movimiento, pero esto sólo es aplicable a las partículas suficientemente gruesas. También se ha de considerar la transmisión de energía calorífica del fluido, de tal manera que pueden fundir los alquitranes o actuar contra las fuerzas de van der Waals que fijan las partículas al soporte.

Para el lavado con agua, el concepto de mayor interés es la tensión superficial, pues en la interfase de contacto entre un cuerpo sucio y el líquido de lavado, la tensión superficial del conjunto determina si la operación es o no posible; para bajar la tensión superficial del agua desde 72 dinas x cm. hasta 30 din. x cm. que es la correspondiente a sustancias no específicamente polares, se precisa la adición de agentes tensioactivos, debiendo aplicarse únicamente los de carácter no iónico y, pese a todo, tienen el inconveniente de ser difícilmente eliminables del material poroso que

impregnan, lo que conduce a un estado de higroscopicidad de la piedra, en modo alguno recomendable.

El proceso de limpieza, se puede conducir desde un punto de vista práctico, de la siguiente forma:

Se iniciará con un cuidadoso barrido en seco, empleando brochas de cerda suave para recoger todo el polvo y suciedad, así como los elementos sueltos capaces de ser reintegrados a su lugar de origen, en fases posteriores. Se cuidará especialmente de no erosionar las zonas en que la piedra se muestre superficialmente arenizada o presente alifafes y costras que deban recibir un tratamiento de preconsolidación con los productos y sistemas adecuados a este fin, y que mas adelante se detallan pormenorizadamente. En esta fase, se procederá a eliminar todos los restos metálicos, clavos oxidados, tacos de sujeción, restos de instalaciones en desuso, etc... que no presenten ninguna razón mayor para su mantenimiento. Se continuará esta labor de limpieza mecánica, eliminando todas las prótesis y parcheos, de cemento portland e ínfima calidad, que tapan muescas, fracturas, desgastes y juntas de la cantería, empleando los recursos mecánicos adecuados y las manos expertas y sensibles de personal experimentado.

La limpieza debe proseguir, manualmente, con un repaso de las zonas que se muestren más delicadas, preconsolidando y limpiando con ayuda de pulverizaciones de agua/alcohol/amoniaco (1: 1: 1), hasta alcanzar un estado aceptable de la superficie similar al de las áreas adyacentes. Las colonias de algas y líquenes se destruirán aplicando disolución al 10% de formol en agua, y procediendo a su eliminación mecánica una vez muertas. Con las plantas superiores se actuará de la misma forma, pero con disoluciones de un herbicida total del tipo glifosato.

La limpieza propiamente dicha de la superficie de la piedra así preparada, se efectuará

mediante un sistema de proyección en seco, sin humedad alguna, empleando boquillas de poca sección para así alcanzar un grado de precisión elevado, y efectuando siempre una proyección suficientemente tangencial a la superficie que se desea limpiar, para utilizar provechosamente la energía cinética de las partículas proyectadas y evitar al operador las molestias del polvo, prefiriendo este sistema al empleo frontal de boquillas en torbellino de los sistemas Joss, Liren, u otros de precisión menos personalizada. Los áridos proyectados serán seleccionados por el restaurador de cara a los diferentes problemas que se presenten, basándose principalmente en las bolitas de vidrio de dureza 7 (tipo Restau Sec), pero teniendo disponibles toda la gama de abrasivos, desde el talco, la alúmina y la dolomita, hasta la sílice y el carborudun, para lo que fuere preciso.

La limpieza con energía fotónica lasser ofrece grandes prestaciones de calidad, en algunos casos.

La búsqueda de los "niveles de limpieza" será función esencial de la Dirección Facultativa y su equipo.

La operación curativa de la piedra, de mayor trascendencia, es sin duda la eliminación de las sales solubles que la piedra contenga. Para ello, sobre las superficies (limpias, con las juntas descarnadas y los reparcheos de cemento eliminados y preconsolidadas las áreas más débiles), se aplicarán pastas absorbentes formuladas con sepiolita-celulosa, el número de veces que fuere preciso, para garantizar una eliminación eficaz del salitre, bajo control químico cualitativo y cuantitativo de la evolución del tratamiento.

## 6.2. Programa de reparaciones

A partir de este momento, el trabajo se conduce a efectuar las reparaciones necesarias, resolviendo fracturas, poniendo prótesis o reponiendo elementos perdidos con piedra natural según los casos, retacando juntas y

precintando todas las fisuras de la piedra capaces de suponer una vía de penetración del agua en el material, para lo cual es necesario definir las soluciones más convenientes para las siguientes cuestiones: 1) Adhesivos para reparación de fracturas y materiales de refuerzo para las uniones, 2) Masillas para precintado de fisuras, 3) Formulaciones de piedra artificial para prótesis en zonas de reposición, y morteros para el retacado de juntas.

6.2.1. Para pegar piedra se utilizan principalmente resinas epoxídicas y de poliéster

Unas y otras tienen ventajas e inconvenientes, por lo que resulta preciso disponer de ambas en el lugar de trabajo. Las epoxídicas no presentan retracción alguna durante el proceso de endurecimiento, mientras que las de poliéster se contraen significativamente, por lo que se cree que introducen tensiones indeseadas entre las caras a ensamblar. Las epoxídicas tienen un proceso de endurecimiento cuya velocidad se controla más difícilmente que el de los poliésteres, por lo que se prefiere el empleo de los segundos cuando las piezas a ensamblar ocupan posiciones comprometidas en las que resulta difícil asegurar el equilibrio del conjunto durante un lapso de tiempo de 24 horas o más. Unas y otras deben estar formuladas por el restaurador experimentado, a fin de prepararlas con la fluidez o la tixotropía exigible a cada caso, agregando las cantidades precisas de catalizador (normalmente de peróxido de benzoilo) y activador de disociación del peróxido (frecuentemente sales como el naftenato de cobalto o aminas terciarias). Se considera fundamental que las caras de la piedra que van a ser pegadas, estén completamente limpias y secas, aplicando disolventes desengrasantes (tricloroetileno o tetracloruro de carbono) si se sospechara la presencia de contaminantes grasos de la combustión de hidrocarburos, restos de pinturas, barnices u otros. La aplicación del adhesivo debe efec-

tuarse sobre las dos caras, con una primera fórmula más fluida que impregne los poros del material, y con la menor cantidad posible de adhesivo entre las dos caras, sometiendo a continuación el conjunto a la presión mecánica de gatos, etc. que aseguren el mayor acercamiento entre las superficies a pegar, eliminando las sobras de resina en fresco.

Una vez pegados los fragmentos, puede resultar necesario o conveniente reforzar la unión introduciendo varillas metálicas, de fibra de vidrio o de carbono. En todos los casos, se realizarán previamente los taladros necesarios, de diámetro ligeramente mayor que las varillas a introducir, limpiando perfectamente el agujero de todo resto de polvo de piedra, procediendo seguidamente a llenarlos con la resina y a introducir las varillas (que suelen estar descalibradas o roscadas para presentar una superficie con mejor trabazón). Los metales recomendados para estas varillas son aceros inoxidable 18: 8: 8, roscados, que se encuentran fácilmente en el mercado de cualquiera de nuestras ciudades y que, al estar recubiertos de resina y en el interior de la masa pétreo, se les atribuye una resistencia a la corrosión suficiente para nuestros planteamientos actuales de cara al patrimonio, creyendo además que los otros metales más estables que han sido propuestos, tales como las varillas de titanio o de bronce al manganeso, suponen unos extras en costo y en dificultades, a nuestro parecer innecesarios actualmente.

### 6.2.2. Masillas para precintar fisuras

La experiencia enseña que la penetración del agua a través de las fisuraciones y lascas de la piedra, es una de las causas más graves de alteración en los elementos construidos y que al precintar cuidadosamente estas vías de alteración, con morteros suficientemente plásticos y de buena adhesividad, introducimos un programa de protecciones, inspirado en los recursos constructivos, que genera unas

condiciones de conservación altamente eficaces. La aplicación de una masilla formada con polvo de mármol impalpable y pigmentos ocres, aglutinados con resinas termoplásticas del tipo poli-acetato de vinilo disueltas en acetona, utilizando para ello espátulas de restaurador y ayudando al acabado final con disolvente frotado con pincel de cerda suave, todo ello conducido con deseo de perfección por un operador responsable, produce resultados eficaces, base fundamental sobre la que establecer los hidrofugantes finales.

### 6.2.3. Morteros de Restauración

Cuando se crea necesario reponer fragmentos de piedra faltantes, puede ser ejecutado con piedra natural (que supone una labor de marquetería, cajeando el material e introduciendo piedra nueva de la misma o distinta procedencia) o con piedra artificial por adaptarse con toda facilidad a los bordes existentes, no implica el daño suplementario de tener que "cortar por lo sano" y puede integrarse con el nivel de diferenciación que, respecto del original, demanda la legislación vigente.

Los morteros existentes están formulados sobre base orgánica y sobre base mineral, proponiendo que se utilicen morteros minerales, dejando para otras cuestiones los morteros formulados con resinas sintéticas.

Entre los morteros de base mineral cabe diferenciar entre los que se formulan con las materias tradicionalmente empleadas en construcción (cales, cementos, desgrasantes y aditivos varios) y los de reciente aparición en el mercado formulados con aglutinantes de esteres silícicos y silanos oligoméricos, silicatos alcalinos, etc... preparados en fábrica y dispuestos completamente para su uso en obra. En nuestra opinión, preferimos la utilización de los morteros tradicionales, preparados directamente en obra con materias primas acopiadas para la totalidad del trabajo, y formulados de acuerdo con las



mezclas seleccionadas por la experiencia en restauración y contrastadas por las pruebas de Laboratorio efectuadas sobre probetas de ensayo. Todas las prótesis estarán colocadas sobre una armadura de varillas metálicas o de otro material. En las juntas se actuará retacándolas cuidadosamente con el mismo mortero, calibrando la fluidez para obtener una penetración adecuada.

### 6.3. Aplicación de productos de tratamiento en la piedra

Para la consolidación e hidrofugación de la piedra, debemos distinguir dos realidades diferentes:

1. La piedra desnuda y con niveles de alteración superficial significativos, que constituye sin duda la mayor parte de los elementos pétreos en que se ha de intervenir y,
2. La piedra sana, conteniendo aún restos de recubrimientos y patinas, que representa una porción mínima y ciertamente muy perturbada por adiciones recientes de muy mala calidad y por suciedades fuertemente incrustadas en la piel de la piedra.

Los productos recomendados por los especialistas para su empleo en los Monumentos, se resumen esencialmente en los siguientes capítulos:

#### 6.3.1. Esteres silícicos del alcohol etílico

Esteres silícicos del alcohol etílico, solos o mezclados con resinas silicona (Silanos) de pequeño tamaño de molécula (oligoméricos) como, por ejemplo, el metiltrimetoxisilano (Z 60- 70 de Down Coming (Inglaterra), o el X 54-802 Rhodorsil de Rhône Poulenc (Francia, Inglaterra), entre otros. El silicato de etilo, por él mismo, no confiere a la piedra alterada ni dureza ni hidrofobicidad, encomendándosele tradicionalmente las funciones de:

- a) Mejorar el comportamiento de las partículas de arcilla en cuanto a la retención de agua y,
- b) Imprimir las calizas para, posteriormente poder hidrofobarlas con resinas silicona, dado que los siliconatos alcalinos no son recomendables por los restos de sosa y potasa que dejan al hidrolizarse.

De esta problemática nació, hacia fines de los años sesenta, un producto de la firma comercial Th. Goldschmidt AG (Alemania Occidental) denominado "Sandstein Verfestiger", que posteriormente cambiaría su nombre, sucesivamente, por el de Tegovakon, Tegovakon H, y Tegovakon GS, (conservando el nombre de Tegovakon V para el silicato de etilo, parcialmente polimerizado), productos estos que suministraban, simultáneamente, un endurecimiento de las superficies pétreas y un efecto repelente al agua, útiles para todas las piedras, calizas y areniscas. La Empresa Goldschmidt también preparaba una resina silicona para la construcción denominada Sikovin, recomendando su aplicación para reforzar el carácter hidrófobo de las superficies tratadas. Actualmente, los productos Goldschmidt disponibles se denominan Tegovakon y Tegosivin, tandem recetario para el tratamiento de la piedra que ha sido ampliamente promocionado por técnicos italianos vinculados a organismos oficiales. Productos de naturaleza muy similar, diseñados para el mismo tipo de función, son los fabricados, entre otros, por:

- Wacker-Chemie GmbH de Alemania Occidental, con los nombres "Strengthener" "OH" y "H".
- Bau-Chemie Prochaska und Pucher KG de Austria, con el nombre Monumentique 1 y 2.
- Dynamit Nobel AG de Alemania Occidental, como Dinasilan "LP-C.363 1" y -BSM 40".

Para el empleo en restauración de estos productos, es preciso tener en cuenta el carácter irreversible de las impregnaciones en materiales porosos y el aumento del brillo en las superficies tratadas, así como que el contenido en agua del material pétreo se mantenga, antes de la aplicación, en niveles suficientemente bajos. Cuando los trabajos estén fuertemente condicionados por los recursos económicos disponibles, es conveniente tener en cuenta que, para piedra arenisca de porosidad próxima al 10%, se pueden consumir hasta 5 litros del producto por cada m<sup>2</sup>, lo que eleva el precio de la actuación muy considerablemente.

### 6. 3 2. Resinas acrílicas del tipo polimetil o polietil- metacrilato

Resinas acrílicas del tipo polimetil o polietil- metacrilato, solas o modificadas por adición de otros productos capaces de conferirles mayor hidrofobicidad, impermeabilidad, etc... según la intencionalidad del tratamiento previsto por el restaurador. El empleo de estos barnices goza de gran prestigio entre los restauradores por ser productos con experiencia acumulada en objetos histórico-artísticos muy diversos y, los únicos que cumplen plenamente la condición de reversibilidad dentro del marco lógico de limitaciones que todos suponemos. Su manipulación se acomoda fácilmente a los hábitos del trabajo artesano, consustancial con el corpus metodológico de la restauración moderna. Como factores decisivos en la aplicación de estos productos, cabe destacar, los tendentes a evitar la formación de "barniz lámina" y utilizar la menor cantidad posible de materia sólida, lo que determina el empleo de formulaciones disolvente-diluyente adecuadas, técnicas de deposición que alarguen el tiempo de contacto entre el líquido y en material poroso, disminución de la velocidad de evaporación en el material tratado, desecación de los materiales a impregnar, elección del polímero o prepolímero por su tamaño de

partícula y proceso de endurecimiento, etc... ya señalados anteriormente.

Los productos comerciales de que disponemos normalmente son:

- a) el Bedacryl 122X de fabricación Imperial Chemical Industries, de Escocia, que en los años setenta ha pasado a llamarse Sinocryl 1122X, ester polimetil-etil-metacrilato, prepolimerizado y disuelto en xileno al 40% en materia sólida,
- b) Paraloid B- 72 y B-82, copolímeros de polimetilmetacrilato y polietilmetacrilato respectivamente, como producto sólido en forma de gránulos transparentes, de fabricación Röhm and Haas de USA (en América recibe el nombre de Acriloid).

En su aplicación práctica, los disolventes verdaderos suelen ser el xileno, tolueno o disolvente universal de nitrocelulosa, empleándose como diluyente la fracción *white spirit* de la destilación de las gasolinas. Los modificantes para aumentar la impermeabilidad son las parafinas de punto de fusión superior a 85° C, como por ejemplo los denominados Cosmolloids de fabricación Astor Boisseller, Inglaterra, comercializados en España por la Sociedad Iberceras. Para aumentar la permeabilidad y la repelencia al agua, las resinas acrílicas se modifican por adición de siliconas, las mismas que se utilizan en construcción y que anteriormente hemos señalado, existiendo productos comerciales que ya incorporan los dos componentes, acril-silicona como son, por ejemplo, el preparado JMC-MMA de la firma Kunststoff GmbH de Alemania Occidental, o el BS-31 de la Wacker Chemie GmbH de Munich, antes citada, o la formulación EO057/ 55050 de Raccanello Ard. en Padua, Italia, entre otras. La aplicación se hace con pulverizadores "airless" manteniendo la superficie saturada de líquido el mayor tiempo posible, procuran-

do finalmente que la evaporación se efectue lentamente con los recursos posibles. Aunque generalmente se piensa que la mejor penetración se consigue con disoluciones diluidas (5% ó menos) la práctica enseña buenos resultados por aplicación de concentraciones mayores (10% o más) seguidas de aplicación de diluyente puro, como vimos antes.

## 7. CONCLUSIÓN

En este artículo, hemos querido dar una respuesta a quienes parecen sentir un cierto temor respecto a los sistemas y productos utilizados por los restauradores que, aunque son muchos y a veces bastante sofisticados, se entrocán en los procedimientos artesanales de probada eficacia y en las modernas tecnologías cuyo empleo necesita a la vez conocimientos teóricos procedentes de disciplinas

variadas. Los riesgos que toda intervención comporta, son inversamente proporcionales a la atención con que se actúe, al grado de control que se ejerza, a la rapidez de la actuación, y, aunque son trabajos altamente especializados, comportan un mínimo de inseguridad si se les confía a restauradores experimentados que dispongan de todos los recursos técnicos necesarios, pues son ellos, los únicos capaces de extraer todas las posibilidades teóricas y prácticas de cualquier método o producto.

En esta lección, por su carácter eminentemente práctico y para realzar las nociones esenciales que ayuden en la claridad de la exposición, hemos olvidado referirnos continuamente a los especialistas, artículos y restauraciones concretas, limitándonos a continuación a citar algunas obras generales que puedan conducir a los interesados hacia investigaciones más especializadas. ■

### 2.1. Consolidación de la madera



Los casos de alteración de este material, que más frecuentemente se presentan en nuestros Laboratorios, pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

1) Madera que ha estado sometida por mucho tiempo a la acción del agua.

Ante todo debemos impedir que la madera seque antes de someterla a tratamiento, pues, en tal caso, la contracción experimentada motivaría enormes desperfectos.

Se obtienen excelentes resultados impregnando la madera con una solución acuosa al 40% de producto denominado CARBOWAX 4.000,<sup>1</sup> lo cual se consigue por simple inmersión de la pieza en la solución, cuidando de emplear una vasija con tapadera a fin de evitar la concentración del consolidante por evaporación del agua, dado que el proceso es muy lento y puede durar meses e incluso años. Se puede seguir la evolución del pro-

ceso por la variación en el peso de la pieza, originada al ser sustituida el agua por este producto, de mayor densidad.

2) Madera seca, debilitada por el ataque de hongos e insectos. El tipo de alteración y la clase de madera determinarán si el tratamiento debe hacerse por métodos mecánicos, por impregnación con un agente consolidante, o por los dos a la vez, a fin de devolver la solidez a la pieza.

Como métodos mecánicos se consideran todos aquellos sistemas de “enclavijado”, “acuñado”, “entablillado” y el empleo de soportes especiales y ángulos de hierro, que puedan ser útiles en la reparación de objetos de madera. Estos métodos pueden bastar por si solos o ir precedidos o seguidos de un proceso de impregnación.

La consolidación por impregnación puede aplicarse a todos los materiales porosos y es particularmente apropiada cuando se trata de formas complicadas en las que un método mecánico no es posible.

Como técnicas podemos emplear, la inmersión, la inyección y aplicación local con una brocha u otro sistema.

Como agentes consolidantes se emplean, la cera y las “resinas sintéticas”.

Impregnación con cera cuando sean necesarias reparaciones mecánicas deben hacerse siempre antes de encerar la madera. Para muchos propósitos este es el tratamiento más efectivo aunque ciertos objetos requieran equipos especiales; por ejemplo, si se prevé el tratamiento de tallas de grandes dimensiones, necesitaremos un gran baño de hierro rectangular, calentado eléctricamente y controlado con termostato que cuente además con un dispositivo totalmente independiente capaz de cortar la entrada de corriente eléctrica en caso de fallo del control automático. También deberá estar equipado de una polea con gar-

fios que permita manejar fácilmente objetos pesados.

La composición más usual es: cera virgen a la que se añade una resina en cantidad no superior al 50%.

El objeto a impregnar, que debe estar totalmente seco, se sumerge completamente en la cera fundida, poniéndole peso si fuera necesario; se eleva gradualmente la temperatura como lo que el aire sale, en forma de una corriente de burbujas, siendo reemplazado por la cera que penetra en los poros. Se mantiene la temperatura a 105° C hasta que cesen burbujas y luego se sigue elevando hasta alcanzar los 120° C. Cuando se considera que la impregnación es completa, se apaga la calefacción y se saca el objeto del tanque, dejándolo suspendido para que la cera en exceso gotee. Después se repasa con una espátula de madera y finalmente con un trapo impregnado en esencia de trementina.

Para la impregnación de pequeños objetos este proceso puede realizarse utilizando un equipo improvisado, pero es necesario advertir los peligros que existen: si se ha introducido humedad, esta se acumulará en el fondo al solidificarse la cera, y si el tanque se calienta sólo por abajo, al volver a calentar la presión de vapor que puede generarse bajo la cera semisólida pudiera ser causa de una explosión; se puede evitar colocando sobre la superficie de la cera, en el período de solidificación, una tela metálica que permitirá luego retirar el bloque y decantar el agua almacenada. Otro peligro radica en que la mezcla fundida es inflamable y puede causar serias quemaduras; debemos tener siempre dispuesto un cartón de amianto para tapar la vasija en caso de incendio.

Las mezclas de cera y resina son inertes, muy estables y siendo impermeables protegen contra la humedad. No obstante, tienen ciertas desventajas, pues al aumento de peso que implican y al hecho de que por tener un

elevado índice de refracción bajan el tono de los colores, hay que sumar que si los objetos tratados no se mantienen en sitios fríos, la cera tiende a salir de los poros y la superficie se vuelve grasienta, pegajosa y con gran tendencia a captar polvo. Es necesario evitar el calor, la acción directa del sol y el emplazamiento en vitrinas fuertemente iluminadas en el interior.

Cuando la superficie de la talla está cubierta por una preparación, policromía o láminas de oro, solamente puede ser consolidada satisfactoriamente por impregnación con una sustancia de fácil penetración. Se recomienda en este caso el empleo de agentes orgánicos, haciendo siempre un ensayo previo para cerciorarse de que no serán disueltos o separados por el disolvente empleado; si hay algún signo de ataque puede ensayarse cambiar el disolvente por otro menos activo o bien emplear preferentemente la técnica del encerado.

Impregnación con materiales sintéticos.- La consolidación con estos agentes puede realizarse tanto antes como después de haber efectuado reparaciones mecánicas. En el caso de un tratamiento con brocha o por inyección hay que tener presente que la mejor penetración la conseguiremos impregnando en el sentido de trepa de la madera.

Como productos sintéticos muy apropiados para la consolidación de la madera tenemos:

- Acetato de polivinilo. Disolvente: una mezcla de 9 volúmenes de Tolueno y 1 volumen de Acetona.
- Bedacryl 122 X. <sup>2</sup> Disolvente: Tolueno o Xileno. La concentración de estas soluciones puede variarse hasta conseguirse una fluidez apropiada. Al volatilizarse el disolvente la resina queda como una capa muy fina que consolida el tejido.

Recientemente se dispone de “resinas poliéster” para el tratamiento de madera seca, tales como:

MARCO S. B. 26 C<sup>3</sup> y BAKELITE 17449, <sup>4</sup> las cuales se introducen por los poros de la madera en forma líquida, convirtiéndose luego en sólidos insolubles como resultado de una reacción química catalizada.

Cuando la madera sea muy densa, la impregnación deberá hacerse en un aparato de vacío que puede montarse en pequeña escala utilizando una corriente de laboratorio. Todo lo que se necesita es un desecador de vacío, una trompa de agua y un manómetro. Si el objeto a tratar es muy pequeño para economizar disolución se colocará en el desecador otra vasija de tamaño apropiado que contenga el objeto totalmente cubierto por el líquido. Se conecta el dispositivo de vacío y cuando la presión quede reducida al grado requerido se deja tiempo en estas condiciones

a fin de asegurarse una buena impregnación. Una hora puede ser suficiente.

A continuación se desconecta el sistema de vacío (debemos contar en el desecador con una llave de doble vía) y se deja entrar el aire que empujará aún más la disolución dentro de la madera. Cuando el tanque adquiera la presión atmosférica, se saca el objeto y se deja secar. Si el secado es muy rápido, la superficie queda con un aspecto rugoso. Se puede evitar dejándola secar en una atmósfera del propio disolvente, lo que se consigue con una vitrina de poco volumen en la que haya un recipiente abierto con disolvente puro.

Las cualidades ópticas de los colores luminosos se conservan mejor que con la cera, por ser estas sustancias incoloras y por tener un índice de refracción mucho más bajo. Existirán, por tanto, muchos casos en que será preferible su utilización. ■

---

## NOTAS

1 UNIÓN CARBIDE. Baquelite División, Unión Carbide Corp., 30, East 42 nd St., New York 17, N.. Y.

2 (I. C. I.) Imperial Chemical Industries Ltd. Millbank. London. S. W. 1.

3 MESSRS. Scott Bader & Co. Ltd. 169, Kingway London. W.C.2 London. 'V. C. 2.

4 MESSRS. Bakelite Co. Lid. 12. Grosvenar Gardens. London. S. W. 1.

## 2.2. Causas de alteración y métodos de conservación aplicables a los monumentos hechos en piedra



Con motivo del Curso de Estudios Mayores de la Construcción "CEMCO-79" dedicado a la Patología de la Construcción, que se ha celebrado en el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, y al que han asistido diversos ingenieros y arquitectos iberoamericanos, el Dr. José M. Cabrera Garrido pronunció tres conferencias que versaron sobre: "Los defectos y protección en las obras de piedra"; "Alteraciones de las piedras en los monumentos"; y "Procedimientos para la conservación de monumentos".

Con estas tres conferencias el Dr. Cabrera ha pretendido dar una panorámica general de los problemas y soluciones actuales en la conservación de las esculturas líticas en los exteriores de nuestros Monumentos.

### MECANISMOS DE ALTERACION

#### INTRODUCCIÓN

La fidelidad a lo auténtico en Conservación de Bienes Culturales es más o menos posible según los medios que se ponen en acción.

Desde el punto de vista técnico siempre se han utilizado los sistemas más ingeniosos y eficaces, de tal suerte que van parejos con los recursos tecnológicos más avanzados de cada época. Pues bien, los métodos que se disponen actualmente nos permiten un acercamiento, cada vez en mayor número de casos y con mejor éxito, a la fórmula ideal: conservar el objeto de forma duradera y con todo lo que en él nos llega de auténtico, de vivo y de verdadero.

Hace ya bastantes años, y no precisamente por invención nuestra, que tenemos muy claras las que son notas exigibles a los métodos de conservación y, seguramente, serán muy similares en su valor genérico a las que resultan preceptivas en otros ámbitos de la actividad humana. Para, conservar en un monumento importante su auténtica dimensión cultural, se ha de mantener dentro de un equilibrio de factores cuya resultante no es la renovación ni el cambio, sino la permanencia y la estabilidad. Acciones exteriores y reacciones interiores han de constituir un sistema de fuerzas en equilibrio. Cuando fuera de ese sistema, por motivos ocasionales o continuos, aparece una fuerza extraña o existe en la materia incapacidad de reacción, se altera el equilibrio alcanzado y sobreviene la ruina.

En general, la Conservación de los Bienes Culturales se programa sobre dos líneas de operación principales: restaurar los daños existentes y mejorar las características del

clima en su entorno y, en este esfuerzo, hemos de mantener la tensión buscando en cada caso la opción más justa dentro de los criterios de la experiencia acumulada, trabajando con los recursos pacientemente contrastados de que disponemos, y aportando cuantas ideas y métodos nacidos de la Ciencia y de la Tecnología modernas colaboren en nuestro empeño hasta el final de las posibilidades objetivas.

En este contexto, la piedra esculpida que adorna el exterior de nuestros monumentos más señeros, constituye aún uno de los retos importantes al conservador, por estar a la intemperie. Desde el punto de vista metodológico y de forma similar a la pintura rupestre en cuevas y abrigos, su conservación la entendemos cada vez más como un fenómeno dependiente del tipo de equilibrio que en cada caso se establezca con su ecosistema.

Las causas que alteran estos equilibrios son de muy distinta naturaleza y origen y, siendo su modo de actuar muy diferente, se comprenderá lo complejo que resulta su estudio y lo dificultoso de su análisis. El conservador tiene que investigar, reunir y confrontar todos los elementos de apreciación posibles en torno a los signos y los síntomas de los daños, para así poder razonar y enjuiciar sus causas.

Tal es el fundamento del diagnóstico, base imprescindible del método de Conservación, más seguro éste cuanto más claro y cierto sea aquél. El fracaso en muchas intervenciones ha tenido por origen un error de diagnóstico, debido generalmente a un mal planteamiento del problema ante un proceso equivocado o incompleto en la determinación de las causas, ya sea por deficiencia de medios para la aportación de datos o por dificultad en relacionar éstos con rigurosa independencia.

Dentro de los límites que nos marca el objetivo de estas tres conferencias, he querido permanecer en la línea de estudiar aplicaciones a casos concretos, sustentando las teorías y las opiniones en experiencias recientes para

que así puedan ser calificadas, en contraste con la realidad porque se está de acuerdo en afirmar que, en el estado actual de nuestros conocimientos, cabe esperar una importante ayuda de las operaciones controladas y adaptadas a problemas específicos, ya que permiten asegurarse una interacción de datos que contribuyen al mejor conocimiento de los problemas generales. La abundante utilización de la imagen acentuará la diferencia entre la palabra hablada y la escrita, pero este divorcio lo considero insalvable.

#### ALTERACIÓN POR SALES SOLUBLES EN AGUA

Son probablemente la causa más frecuente de deterioración de los materiales pétreos y, sea cual fuere su procedencia, se ponen en movimiento por el agua y se acumulan en las superficies de evaporación, en donde cristalizan. Los aportes de agua líquida y los cambios en la humedad relativa del aire hacen que estas sales cristalicen, eflorzcan o se disuelvan, fenómeno que al repetirse acaba por comprometer la solidez de los materiales más resistentes.

En el caso de las piedras de la Catedral de León, la composición química de las sales es principalmente a base de sulfatos de magnesio y algo de calcio, habiendo también una proporción menor de cloruros, nitratos y bicarbonatos, sodio y potasio.

La procedencia de estas sales puede ser diversa. Algo contienen ya los materiales originales, según se ve en el análisis realizado, y también pueden haber sido aportadas por los materiales de restauración (cal, cemento arena, agua, etc.); también el aire contaminado es una importante fuente al reaccionar los gases ácidos de la combustión del petróleo y carbón en automóviles y calefacciones, con los compuestos carbonatados de la piedra, con preferencia en las zonas más enriquecidas con minerales ricos en hierro que actúan como



catalizador en la formación de ácido sulfúrico; también, en muchas de las zonas bajas de los muros, estas sales pueden proceder del suelo y ser arrastradas por el agua que asciende en los muros por acción de la succión capilar, pudiendo estas sales ser originarias del propio suelo, haber sido aportadas por salmueras para eliminar el hielo del suelo en los inviernos, abonos minerales o como residuos de productos empleados en tratamientos anteriores que se hayan aplicado, como es el caso de los silicatos aplicados a uno de los tímpanos del pórtico occidental, que por hidrólisis del éster libera una parte de componentes, quizás alcalinos, y otras veces por el empleo de fungicidas, antihielo, etc. En otros casos, especialmente en climas húmedos y calientes, las sales son de ácidos orgánicos como húmicos, etc. procedentes de suelos en buen estado pedológico o como consecuencia de una ocupación humana por los restos orgánicos que se acumulan alrededor del monumento.

En los muros, el agua migra a través de los capilares arrastrando las sales que luego se difunden, se hidrolizan o precipitan y que, ante un gradiente térmico, sus componentes iónicos migran hacia las partes más calientes, mientras que el agua lo hace hacia las más frías, produciendo así acumulación de compuestos sólidos, ya sea en la superficie cuando el agua aflora regularmente durante los procesos de evaporación, o debajo de ella cuando el frente de líquido retrocede, según indica Knetsch (38).

Los sulfatos son depositados en los poros, desde sus soluciones sobresaturadas, como cristales de alto contenido en agua, de hidratos como ( $\text{SO}_4\text{Mg}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4\text{Na}_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , etc.) y cuando la evaporación prosigue la sal eflorasce secando fuera, formando una masa de agregados microcristalinos que por su fina estructura promueven el flujo de más disoluciones, desde el interior de los poros hacia la superficie, rellenando el volumen de poros detrás de la superficie de

evaporación. Cuando se produce un aumento de la humedad relativa del aire, que alcance el valor de la presión de vapor específica de cada cristal antes señalado, se hidratarán estos cristales provocando un aumento de volumen y, por tanto, una presión sobre las paredes de los poros equivalente a la presión de hidratación en el caso de que su crecimiento se vea impedido. La formación de eflorescencias y de sales hidratadas depende de su presión de vapor y de la temperatura. De acuerdo con esto, una sal hidratada pierde su agua de cristalización si la presión de vapor del hidrato, a una temperatura determinada, es más alta que la presión parcial del vapor de agua en el aire a esa misma temperatura: cuando sucede al contrario la sal se hidrata. Por ejemplo, en el caso de una disolución de sulfato sódico, a temperaturas por debajo de  $32,4^\circ\text{C}$ , la sal precipita como un compuesto con diez moléculas de agua de cristalización, pero para temperaturas mayores se transforma en sal anhidra; al aumentar la h.r. por debajo de esta temperatura puede reconvertirla en el hidrato parcial o totalmente, según el grado de diferencia entre la h.r. y la presión de vapor de la sal a cada temperatura dada. Por esto, la cuantía del daño resultante de este proceso repetitivo de contracción y expansión sobre las paredes de los poros depende de la presión que puede ejercer la sal y que se señala en el cuadro adjunto.

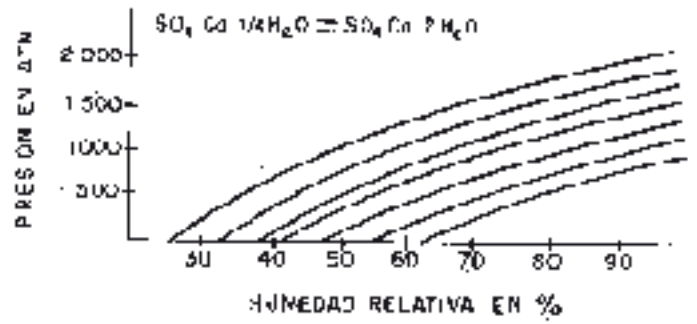
Actualmente, se considera de gran importancia el estudio de la resistencia de los materiales frente a los fenómenos de cristalización de sales, habiéndose seleccionado como sal patrón para un intento de normalizar ensayos en el Grupo de trabajo de la RILEM 25 PEM, el sulfato de sodio. Todas las ponencias aportadas en este sentido, a la última reunión UNESCO-RILEM de junio de 1978, coinciden en afirmar que aún no se dispone de una rutina de operación válida capaz de permitir la normalización del ensayo que sería de desear. Aunque los avances en este sentido se vienen

produciendo con bastante lentitud siguen siendo válidas las estimaciones realizadas por Butterwoth (6) para quien, disoluciones conteniendo más de 0,1 % de sulfatos pueden considerarse como peligrosas para los materiales porosos, ya que por tener estos poros una sección transversal irregular (no circular), la evaporación de soluciones no permite un retiro gradual del menisco hacia el interior, permitiendo una difusión de la concentración hacia adentro, sino que en los puntos donde terminan los ejes mayores de esa curvatura irregular, o al menos elíptica, el menisco se desplaza menos y la menor pérdida por evaporación se compensa por un suministro lateral, resultando una sobresaturación local que deposita las sales en los puntos en que el poro es más fino, ejerciéndose una mayor presión destructora.

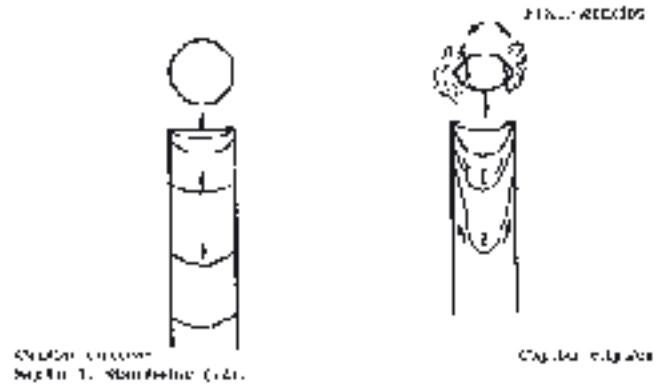
Presiones de cristalización de sales (84)

Fórmula	Presión de cristalización (atm)					
	Re = 2		Re = 10'		Re = 50	
	0°C	50°C	0°C	50°C	0°C	50°C
SO <sub>4</sub> Ca	335	398	1.120	1.325	1.900	2.262
SO <sub>4</sub> Ca.H <sub>2</sub> O	282	334	938	1.110	1.595	1.900
SO <sub>4</sub> Mg.H <sub>2</sub> O	272	324	910	1.079	1.543	1.840
SO <sub>4</sub> Mg.6H <sub>2</sub> O	118	141	395	469	671	800
SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	292	345	970	1.150	1.650	1.965
SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> .10 H <sub>2</sub> O	72	83	234	277	397	473
ClNa	554	654	1.845	2.190	3.135	3.737
Cl <sub>2</sub> Mg.6 H <sub>2</sub> O	119	142	397	470	675	803

Re = Relación entre la concentración actual de soluto durante la cristalización y la concentración de saturación.



presiones de hidratación para varias temperaturas y h.r. (84).



Completamente distinta es la acción de los cloruros, nitratos y sales de ácidos orgánicos. Los cloruros son muy higroscópicos y durante la condensación del agua son los primeros en disolverse y, en disolución, se comportan muy activamente por su extraordinaria movilidad y capacidad de corrosión penetrando y rompiendo numerosas estructuras cristalinas, aumentando la falta de estequiometría en los cristales y peptizando grandes aglomerados de moléculas que pueden así ser transportadas por el agua. Este grupo se caracteriza por arenizar los materiales que los contienen.

En general, el movimiento de las disoluciones salinas en el interior de los poros de las rocas, tiende a empobrecerlas en materiales cementantes, rellenándose los poros de la superficie a expensas del debilitamiento interno y creándose costras en la superficie bajo la cual se desarrolla una estructura de corro-

sión subdividida en capas. Cuando las sales responsables de la costra son poco solubles, el material adquiere una patina estable como las formadas a base de fosfatos, hidróxidos de hierro, etc.

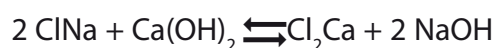
Un aspecto absolutamente específico de las posibles reacciones químicas, entre los diferentes iones presentes en las disoluciones, merece un comentario detallado:

La reacción entre el sulfato de magnesio y el cloruro de sodio según:



conduce a la formación de un par salino recíproco con punto de transformación a 32°C aproximadamente, correspondiendo la menor solubilidad al  $\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  que cristalizará el primero, por lo que es a él a quien se deben atribuir parte de los daños y no solo al sulfato de magnesio.

Por otra parte, la reacción entre el ClNa y el  $\text{Ca(OH)}_2$  del mortero de cal utilizado para ligar los sillares y que, como en tantas otras construcciones antiguas, se encuentra en parte sin carbonatar aún en el interior de los muros, puede escribirse como:



puediendo transformarse esta porción de sosa en carbonato de sodio por acción del  $\text{CO}_2$  atmosférico, que a su vez induciría la precipitación de los carbonatos alcalinotérreos, cerrándose así una especie de ciclo salino.

Otros mecanismos, tales como la posible reacción entre el ClNa y el bicarbonato de calcio o magnesio para producir bicarbonato de sodio de menor solubilidad, o también la reacción entre el ClNa y los carbonatos de calcio, de magnesio o de calcio y magnesio para dar los carbonatos de sodio y los cloru-

ros alcalinotérreos, exigen una discusión más detenida pues no resultan totalmente claros.

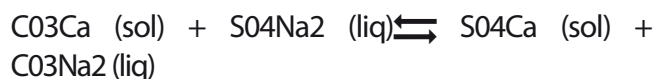
En muchas ocasiones se ha considerado como cierta la descomposición del carbonato de calcio por el cloruro de sodio, según la idea inaugurada por Berthollet (1) al estudiar la formación del Natrón de los lagos salados de Egipto y así vemos como, por ejemplo Moore (48), dice en su libro de texto que: "él sabía que la reacción



como se realiza en los laboratorios, era total al precipitar todo el carbonato de calcio, pero tuvo que admitir que cuando existía un gran exceso de ClNa la reacción podía ser inversa transformando la calcita en carbonato de sodio. También Iñiguez (30) al revisar la bibliografía de "Chimie der Erde" entre 1926 y 1938, hace las siguientes observaciones:

a) Sobre los trabajos de Storz concernientes a la acción química de disoluciones salinas sobre la calcita y la formación subsiguiente de carbonato de sodio, anota que todo eso permitiría explicar ciertos tipos de alteraciones, pero que no puede ser el factor más importante puesto que la presencia de cloruros no es frecuente fuera de las zonas costeras.

b) Comenta la reacción



notando que sólo puede tener lugar en pequeña proporción dada la relación de equilibrio  $\text{CO}_3^-/\text{SO}_4^- = 1,56 \times 10^{-4}$ .

Al revisar lo escrito por Berthollet (1), en 1803, vemos que acepta la descomposición del carbonato de calcio por el cloruro de sodio basándose en la tendencia a eflorescer del carbonato de sodio, e indica que la reacción está favorecida por la existencia de

un soporte poroso como es la roca que favorezca la separación de las sales frente a un cierto grado de humedad; señala que este fenómeno se puede apreciar también sobre la superficie de ciertas bóvedas y de algunos muros. Recoge también las observaciones hechas por Guyton (Mem. de Schéele, parte II) según las cuales si se incorporan disoluciones de  $\text{SO}_4\text{K}_2$  o de  $\text{ClK}$  al agua de cal lechosa por estar cargada de  $\text{CO}_2$ , hacen desaparecer inmediatamente él precipitado y que, de la misma forma, no se produce precipitado cuando se vierte una mezcla de agua de cal y de disolución de estas sales neutras sobre agua cargada de  $\text{CO}_2$ .

A la vista de estas observaciones, hemos procedido a recopilar los valores conocidos de la solubilidad del carbonato de calcio en disoluciones salinas, reflejando los datos en forma gráfica para señalar mejor las diferencias notables en los resultados recopilados por Linke (41), Seidel (68), Stephen (74) y los de "The International Critical Tables of Numerical Data" que representan una recopilación masiva, pero sin interpretar los datos en términos de constantes de equilibrio.

En nuestra opinión, la acción química que las sales solubles pueden ejercer sobre las rocas calizas y dolomitas de la Catedral de León debe considerarse secundario frente a la acción mecánica que esas mismas sales desempeñan en los procesos de alteración.

## DAÑOS POR HELADAS

En zonas frías, como León, los materiales húmedos se alteran principalmente por la acción del hielo que, desde antiguo, se ha venido considerando peligroso a la vista del aumento de volumen de aproximadamente 9 % que experimenta el agua al congelarse, pues la presión que la congelación brusca a  $-5^\circ\text{C}$  ejerce es del orden de  $500 \text{ kg/cm}^2$  y, en estas condiciones, el hielo no tiene tiempo ni dentro de los poros vados ni hacia el exte-

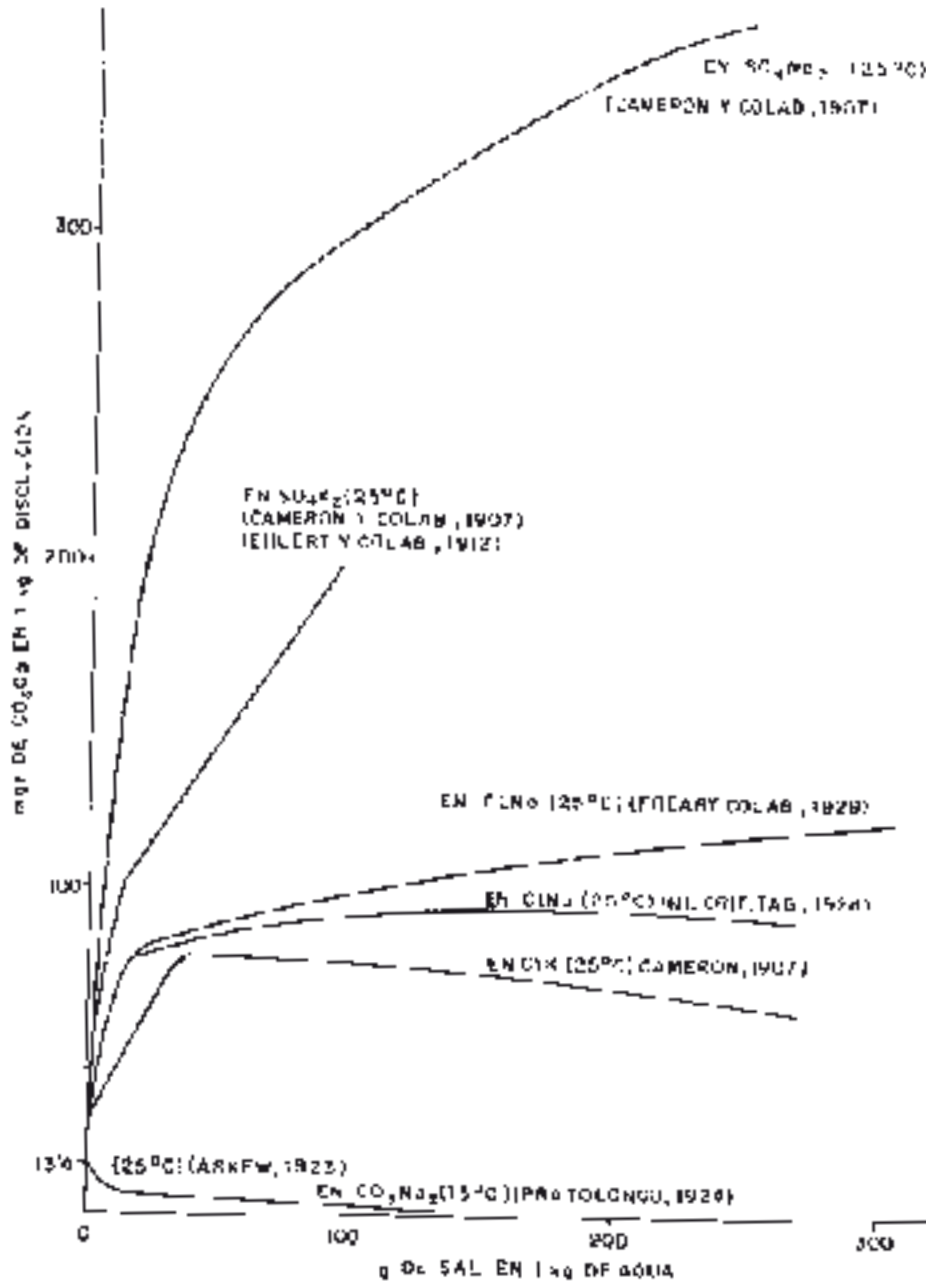
rior.

Este modelo de interpretación del mecanismo de rotura por el hielo quedó en evidencia al considerarse (27) que estas condiciones de congelación repentina no se dan siempre en el interior de los materiales pétreos, que además son malos conductores térmicos y, especialmente, por el hecho de que el deterioro también se observa cuando un líquido como el nitrobenceno que hiela sin aumento de volumen, se encuentra dentro de los poros.

El mecanismo de congelación del agua en el interior de los poros se explica actualmente de la siguiente manera: Cuando un poro está lleno de agua y se enfría por debajo del punto de congelación, se empiezan a formar depósitos laminares de hielo desde el menisco hacia adentro. Las moléculas quedan inmobilizadas en la partícula de hielo y, por debajo de ella, el movimiento molecular disminuye creándose una diferencia de presión entre el frente de congelación y el resto del agua en el capilar por lo que, para restablecer el equilibrio, el agua migra hacia la partícula de hielo y debido a que su tensión superficial es mayor que el peso de la incipiente partícula de hielo hace que ésta se levante y migre en el interior del capilar, aumentando al mismo tiempo de volumen por la película de agua que la rodea; de su formación resulta un drenaje de los capilares próximos y el crecimiento del grano de hielo, en donde el poro es más fino.

La interpretación del fenómeno ha evolucionado. En 1908 Hirschwald (26) definió un "coeficiente de saturación" trabajando sobre la teoría del aumento de volumen del 10 %, relacionando el volumen de poros fácilmente accesible con el volumen total de poros abiertos, y con arreglo a esto se dictaron los ensayos normalizados DIN 52 103 y 52 105.

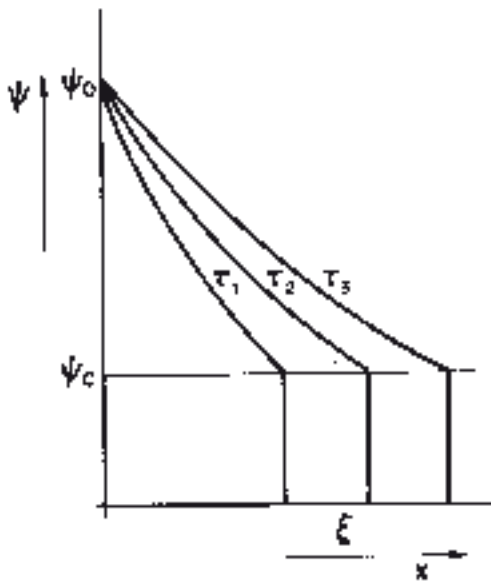
En los últimos años se han realizado investigaciones más intensas sobre esto recogidas



Solubilidad del  $\text{CO}_2$  en disoluciones salinas

por la RILEM, y se reconoce que todos los materiales pueden ser destruidos por el hielo cuando la cantidad de agua incluida en sus poros alcance el "contenido crítico" (conteni-

do de agua constante a distintos tiempos en la curva de secado) con lo cual se provoca una expansión tal que se alcanza en el material el "alargamiento límite de ruptura".



Proceso de absorción de agua: Distribución del agua ( $\psi$ ) en un material poroso a diferentes tiempos ( $\tau$ ).

$\xi$ : Situación del frente de agua.

$\psi_c$ : Contenido crítico.

$\psi_0$ : Contenido máximo.

Según H. Vos (80).

De todas formas, esta hipótesis general es también un poco simplista, puesto que en la realidad de los fenómenos no son nunca puros, ya que existen heterogeneidades locales en el contenido de agua o gradientes térmicos que provocan tensiones en puntos concretos, y también sucede que aun sin alcanzarse el alargamiento límite, se produzca un fenómeno de fatiga debido a la repetición de las contracciones y expansiones de la formación del hielo.

Cuando las piedras han perdido su "agua de cantera" y han sido colocadas correctamente en el monumento, en el sitio que a cada una le corresponda por sus características intrínsecas, en ese momento ninguna piedra es alterable o no alterable por el hielo, puesto que esto depende de que sus poros contengan un nivel igual o superior al contenido crítico de agua. Luego, estos materiales serán capaces

de alcanzar o no este valor crítico de humedad, en función de su localización en las distintas partes del monumento a lluvia, filtraciones, ascensión capilar, etc., y a la estructura de sus poros.

Mamillan (44) ha publicado sus investigaciones experimentales del daño por el hielo y ha demostrado que para responder de una forma razonable al problema de resistencia al hielo de las piedras es necesario tener en cuenta estos dos factores: "ambiente de exposición" y "estructura del material". Gérard (20) ha normalizado en Bélgica, recientemente, tres ensayos para la heladicidad.

#### ALTERACIÓN POR CAMBIOS DE TEMPERATURA

Se dice también que lo que provoca la formación de placas en las piedras antiguas de la Catedral, pudiera ser por la relajación que se acusa en materiales sometidos a fuerte insolación, pero esto no sería aplicable con igual intensidad a los paramentos expuestos al norte, en donde también se observan daños similares.

Los cambios de temperatura pueden actuar sobre la solidez de la roca de varias formas:

Por una parte, el coeficiente de conductividad térmica para estas calizas varía entre 0,8 y 2,5 kcal/m/h/°C, por lo que tan bajo valor, unido a las considerables variaciones de temperatura entre el día y la noche, en las zonas expuestas a mayor insolación, podrían hacer que nacieran tensiones entre el núcleo de la piedra y su superficie, y originar daños, lo que en nuestro caso es difícil de tipificar por existir piedras alteradas similares en todas las orientaciones y piedras bien conservadas en iguales exposiciones. También, el coeficiente de dilatación térmica de los minerales son diferentes entre ellos, y muchos cristales tienen expansiones diferentes según los distintos ejes, por lo que los cambios de temperatura causan tensiones internas capaces de produ-

cir, según Kieslinger (36), la desagregación de una caliza debido a que la calcita tiene una dilatación mayor según su eje principal. Para Sneyers (70), este fenómeno de anisotropía térmica es la causa de que aun en regiones templadas se produzcan deformaciones importantes, por deslizamiento de los planos cristalinos entre ellos, hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio que se manifiesta por una deformación permanente. Además, según Warnes (82), cuando la roca se enfría no se contrae la misma cantidad, y esta deformación o modificación, que es permanente, contribuye también al daño. Otro punto a discutir es que las variaciones de temperatura del agua en el interior de los poros de la roca puede provocar una cierta erosión, dado que el coeficiente de dilatación del agua es muy superior al de las rocas y, según Sneyers (70), las variaciones de humedad reguladas por las variaciones de temperatura pueden desunir los cristales al transformarse en gotitas una película intergranular de agua, puesto que se modifica la presión capilar que es inversamente proporcional al radio de curvatura.

En un caso similar a éste de calizas sulfatadas, Schaffer (66) atribuye el levantamiento de costras a las variaciones térmicas, puesto que la superficie transformada en yeso se calienta más y tiene un coeficiente de dilatación térmica cinco veces mayor que la calcita subyacente; para él, las contracciones y dilataciones repetidas acaban por separar la costra sulfatada del material de base.

Pero la importancia capital de la temperatura es indirecta, puesto que regula la humedad en los poros de la roca, la solubilidad de los gases y de las sales disueltas, la velocidad de las reacciones químicas y, especialmente, la hidrólisis que se duplica aproximadamente para una elevación de temperatura de 10°C.

NOTA:

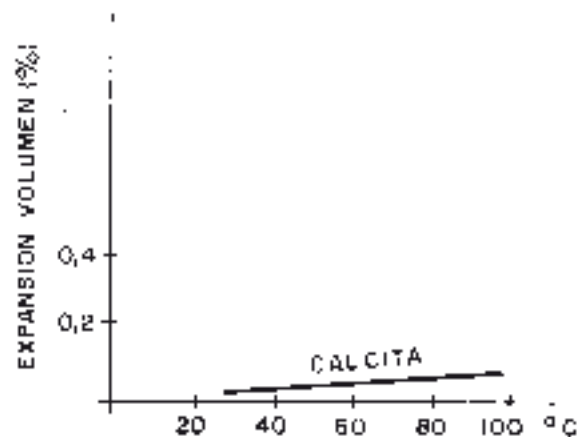
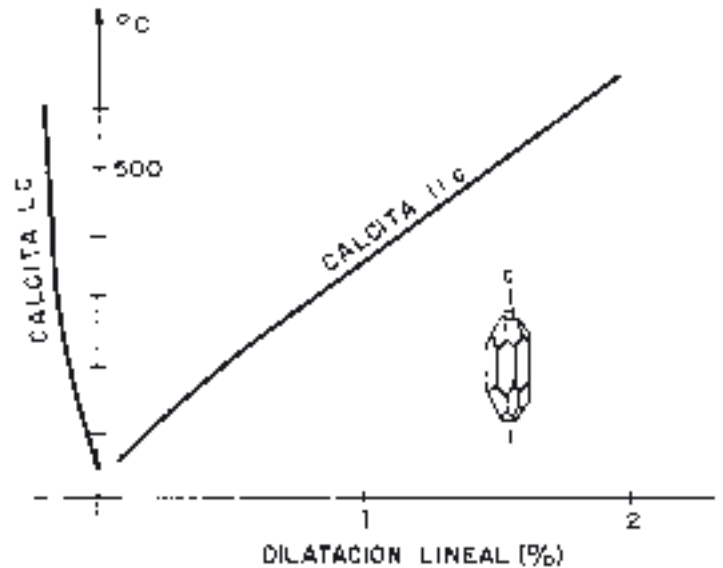
Aunque en la Catedral de León se produjo un incendio hace pocos años, que destruyó las

techumbres en toda la nave mayor, el calor no afectó a los materiales pétreos adyacentes.

EROSIÓN POR LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Una de las principales causas de daño en la piedra de la Catedral de León es sin duda la "sulfatación".

Si bien no existe un estudio exhaustivo de la contaminación atmosférica a nivel de los distintos puntos de la fábrica, similar al realizado por Bertolaccini y otros (2), en los monumentos de Venecia, o por Luckat (43), en la Catedral

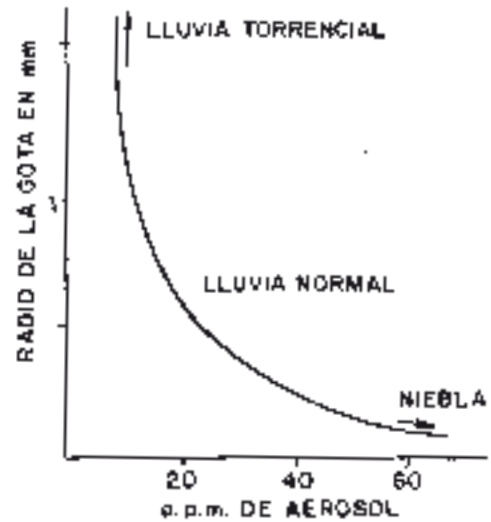


de Colonia, etc., la atmósfera de León está tan contaminada por humos de vehículos, calefacciones, etc., como la de cualquier otra ciudad de España, utilizándose combustibles fósiles de alto contenido en azufre, lo que justifica la presencia de abundantes síntomas de alteración sobre las calizas de la Catedral a nivel de formación de costras, sales, etc..

El  $SO_2$  y el  $SO_3$  son los componentes de la contaminación atmosférica que participan más activamente en estas formas de deterioración. Durante la combustión, se producen normalmente en la proporción 10: 1 respectivamente pero en la atmósfera, se transforma el primero en el segundo por la acción de varios mecanismos de oxidación en los que intervienen la luz, humedad, y catalizadores tales como el óxido férrico, etc. Al asociarse estos gases con gotitas de agua o de polvo fino, se forman aerosoles en los que, para el  $SO_3$  pueden ser de ácido sulfúrico a las temperaturas normales, puesto que la presión parcial del gas por ser menor de 10<sup>-4</sup> tor, es capaz de reducir el punto de rocío del sistema ácido sulfúrico/agua. Esto que llamamos humos, son en realidad emisiones compuestas por gases, partículas sólidas (polvo, cenizas, hollín, etc.) y líquidas (condensaciones de productos sin quemar como el gasoil o productos de la pirogenación como los alquitranes). El tamaño de estas partículas puede variar desde submicrométricas hasta las que tienen una fracción de milímetro, siendo las más grandes, por regla general, las más pesadas, por lo que se depositan pronto; pero las más ligeras pueden difundirse mucho.

Los mecanismos que hacen que estos gases entren en contacto con la superficie de las piedras, impregnándolas gradualmente, son principalmente debidos a la lluvia (que lava la atmósfera), la gravedad (que deposita las partículas de polvo que llevan absorbidos los gases y la humedad), la acción de los aerosoles líquidos y sólidos por atracción eléc-

trica (las piedras suelen estar cargadas negativamente), y también influye la conductividad térmica de la piedra pues, cuanto mayor sea ésta, más rápidamente se enfría el material y mayores la condensación de aerosoles.



Relación entre el radio de las gotas de lluvia en mm, y la cantidad de aerosol arrastrado en p.p.m.

Las gotas pequeñas de caída lenta, son más activas que las grandes.

Según Winkler (84).

Los efectos del aire contaminado sobre los materiales de construcción han sido estudiados detenidamente y lo siguen siendo en la actualidad. Los procesos de corrosión se conducen en la interfase ácido sulfúrico/piedra Y conducen a la transformación de los materiales calcáreos (calizas, dolomitas, mármoles, morteros y enlucidos de cal, pinturas al fresco, etc.) en yeso y sulfato de magnesio, así como a la formación de sales de Candlot a partir de los minerales de alúmina, como también a la aparición de las peligrosísimas disoluciones de sulfatos alcalinos y de magnesia. Serra (69) ha vuelto a estudiar recientemente la reactividad del  $SO_2$  sobre el carbonato de calcio en



fase heterogénea viendo que la cantidad de gas absorbida y transformada depende del grado de humedad y de las características de superficie del material. Degranges y otros (16) han visto que una gran parte del  $\text{SO}_2$  fijado en la piedra se encuentra ligado bajo una forma de alta energía, aunque no especifican sobre la naturaleza de esta ligazón.

La acción del ácido sulfúrico sobre el carbonato de calcio y magnesio empieza por la descomposición del carbonato, y de la disolución cristalizan los sulfatos correspondientes. Las costras de sulfatación, estudiadas por Romanovski (62), tienen un espesor de 0,1 a 1 mm y están compuestas por 20-30 % de sulfatos, 2-20 % de carbonatos, 0,2-0,5 % de cloruros y 0,2-0,3 % de compuestos de hierro. A 1 cm de profundidad, la roca tiene la misma composición que en la cantera, pero entre la costra y la roca inalterada hay varias capas con diferentes contenidos en sulfatos y diferentes estados de desagregación, conformando esa compleja estructura de corrosión a que antes hemos aludido en el apartado sobre alteración por sales solubles en agua.



Para piedras como la de Burgos, casi exentas de carbonato de magnesio, el modelo de formación de costras se asemeja profundamente al definido por M. Mamillan (45), al estudiar las características del estado de superficie de piedras calizas sulfatadas:

- 1.º La dureza aumenta respecto a la parte interna, incluso hasta un 60 %.
- 2.º La densidad también aumenta respecto al material subyacente, incluso hasta en un 25 %.
- 3.º La permeabilidad al agua en la superficie se reduce respecto a la roca sana hasta en un 50 %, pero no llega a ser totalmente impermeable.
- 4.º La capacidad de evaporación disminuye paralelamente hasta en un 50 %.
- 5.º La composición química de la capa superficial indica que se ha producido una disminución en el contenido de carbonato de calcio y un aumento en el de sulfato de calcio.

En todos los monumentos, y también en la Catedral de León, las costras de sulfatación se forman principalmente en las superficies protegidas de la lluvia, en la parte baja de las cornisas o dentro de los huecos de los modelados que no se lavan fácilmente. Cuando como en nuestro caso, tanto para la caliza de Burgos como para la dolomita de León, las piedras no resisten a los humos, las costras se desprenden de la piedra, se forman ampollas, se desagrega y se exfolia la superficie, dejando al descubierto la parte interior que es pulverulenta y fácilmente erosionable por la lluvia y el viento.

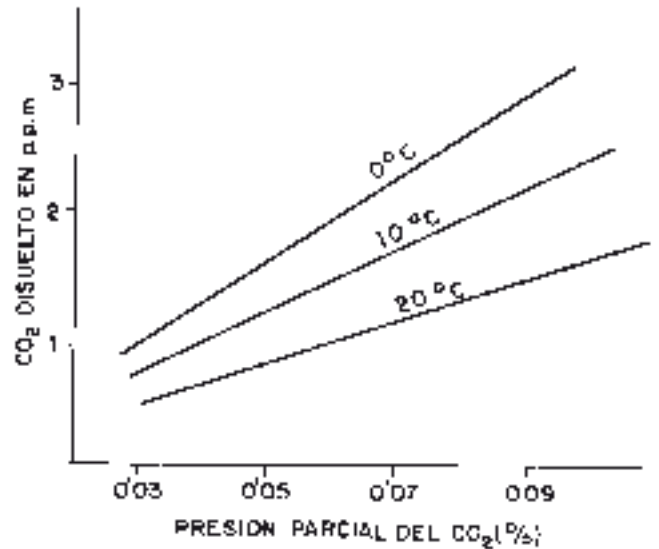
En nuestro caso, junto con los sulfatos, también encontramos otras sales que contribuyen a hacerlos más peligrosos aún. Teniendo en cuenta que la solubilidad del yeso en agua es relativamente grande (202 mg por 100 g de agua) y que la presencia de estas otras sales aumenta aún más esta solubilidad, así como la presencia de los peligrosísimos sulfatos de magnesio y también algo del de sodio, muy solubles y capaces de formar cristales muy voluminosos, se comprende que las repetidas disoluciones y cristalizaciones de estas sales, provocadas simplemente por los cambios acentuados en H.r. del aire, además de por lluvias y otros aportes de humedad, acaben

por comprometer la solidez de las rocas que impregnan.

Aunque el  $\text{SO}_2$  es la causa principal de la alteración de las piedras calizas y dolomías por acción de los contaminantes atmosféricos, debemos señalar que unas se alteran más que otras y especialmente las calizas se comportan mucho mejor que las dolomitas. Aun para las calizas, algunas forman una capa exterior estable y se comportan de forma satisfactoria, lo que se explica considerando que las causas de alteración son generalmente muy complejas e intervienen conjuntamente diversos factores, y esto hace que la verdadera resistencia de las piedras a la atmósfera contaminada sólo se conozca aún de forma empírica por medio de la observación de su comportamiento en los monumentos. En esto, la Catedral de León puede considerarse como una verdadera planta experimental en cuanto a la existencia de diferentes materiales de distintas fechas de utilización, en diferentes grados de alteración, etc. e incluso materiales de la misma cantera colocados en la misma época que se comportan de diferente forma, quizás por proceder de distintos bancos, etc. Todo esto da un valor experimental extraordinario al conjunto de los materiales de la Catedral de León y nos hacen ver en este monumento una dimensión poco frecuente de testimonio técnico para las más modernas líneas de investigación pura y aplicada, que será necesario perfilar con exactitud a través del estudio de la "historia material" de la Catedral que proponíamos antes, y que tendremos que explotar inexcusablemente mediante programas, coherentes de estudio que sirvan para este y para otros monumentos.

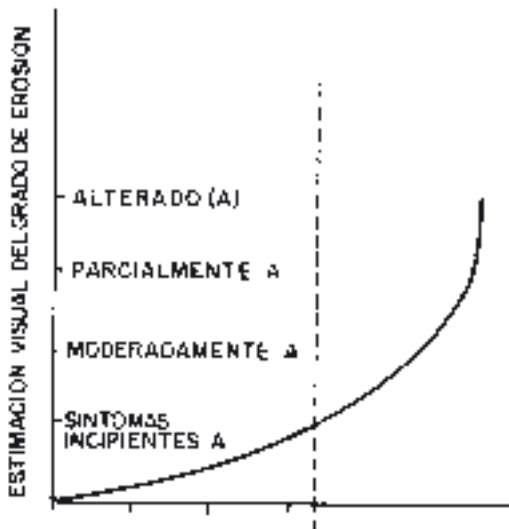
Los nitratos que encontramos en los análisis pueden proceder también de los que se añaden a la atmósfera durante los procesos de combustión, aunque también es frecuente encontrar un alto contenido (desde  $2,9 \text{ g/m}^3$

a  $8,4$  y en adelante) después de intensas tormentas eléctricas. Se acepta que estos gases de ácido nítrico contribuyen también a la corrosión de las piedras, pero también sucede que sufren una alteración foto química al mezclarse con los hidrocarburos presentes en el aire, produciendo oxidantes fuertes, aunque el nivel oxidante se mida generalmente sólo por el contenido en ozono que también se forma en las tormentas y que contribuye intensamente a la transformación rápida del  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$ .



Un constituyente muy importante y no tóxico de la atmósfera es el  $\text{CO}_2$ , que en zonas rurales alcanza un promedio de  $0,034 \%$  y en zonas contaminadas puede representar más del  $0,27 \%$  y que procede en su mayor parte de los procesos de combustión de materia carbonosa. La cantidad de anhídrido carbónico disuelto en el agua influye en la solubilidad de los carbonatos y acelera la descomposición de los constituyentes silicatados. Todos los minerales carbonatados aumentan su solubilidad al aumentar la presión parcial del  $\text{CO}_2$  en el agua. En los minerales silicatados, la disolución no es un proceso tan simple y puede verse con detalle en el trabajo de Keller y colaboradores (35) entre otros.

Winkler (85) viene estudiando reiteradamente la alteración de las rocas de los monumentos por acción de los contaminantes atmosféricos, y ha tratado de definir una escala de la velocidad del daño estimándolo visualmente y con fotografías; señala que la velocidad de erosión por contaminantes es lenta al principio, cuando la roca está aún fresca y nueva, pero que progresa rápidamente y toma la forma de una función exponencial a medida que el daño progresa y se acumulan los productos salinos, etc. que son los motores del daño.



## ALTERACIÓN POR AGENTES BIOLÓGICOS

Las plantas superiores que crecen en algunos puntos de la Catedral, enraizándose en las juntas entre sillares o entre losas de la terraza del pórtico occidental, o en los conductos de evacuación del agua sobre los contrafuertes, etc. suelen ser causa de alteraciones más que por ellas mismas por indicar que allí es alto el contenido de humedad y por actuar ejerciendo una mayor retención del agua. Se les considera más como el resultado de una atención poco asidua que como factor de alteración propiamente dicho.

Especialmente sobre la caliza de Burgos se puede observar la presencia de líquenes de tipo calcífilo que también indican que el sustrato de roca posee, frecuentemente, un contenido alto de humedad. Los líquenes, asociación simbiótica de un alga y un hongo, tienen un crecimiento lento. Lallement y Deruelle (39) han vuelto a replantear recientemente la cuestión de si los líquenes sobre los monumentos son más un factor de daño o de protección, cuestión que se discute desde que se comenzaron a estudiar por Linneo en el siglo XVIII; esta polémica se replanteó a mediados de nuestro siglo y así vemos que mientras Caaper y Rudalh (15), Rale (24), Beschel (3) y Tezuka (77) opinan que la alteración de la superficie de las rocas es tan insignificante que solamente una gran ignorancia puede llevar a la conclusión de que son importantes transformadores de la roca en suelo; Clements y Shelfard (13), Schatz y Martín (67), y Williams y Rudolph (83) consideran que los líquenes se encuentran entre las principales agentes de alteración bioquímica implicadas en la transformación de la roca desnuda en un suelo. Los primeros investigadores evaluarán el papel de las líquenes, en la alteración de las rocas, basándose en observaciones de campo; los primeros trabajos se refirieron fundamentalmente a los efectos mecánicos, pero ya desde el siglo XIX se remarca la facilidad de producir  $\text{CO}_2$  y ácido oxálico y, más recientemente, sobre su capacidad de producir agentes complejantes de cationes, toda la cual actúa degradando el sustrato rocoso.

Los líquenes están presentes en la Catedral de León, y en otros muchos monumentos, y su presencia, normal, se cuida en unas casas por "razones de estética" mientras que en otros casos se les persigue por razones similares.

La capacidad de los líquenes para atacar la superficie de las rocas comporta dos aspectos principales:

a) Su carácter esponjoso hace que retengan la humedad en la piedra subyacente pudiendo

do contribuir a un daño posterior, pues mantienen un contenido de agua en la roca casi continuamente por encima del valor crítico y, dada que una de las principales mecanismos de alteración, se debe al número de ciclos mojado-secado de la piedra, tales áreas están preservadas frente a la acción de las sales porque el número de ciclos es pequeño, pero peligran respecto a posible acción de heladas y, sobre todo, las partes adyacentes y las correspondientes en el interior presentan un grado de alteración más elevada.

b) Por secreción de ácidos y cambio iónico. El pequeño catión  $R^+$ , producido por las rizomas de los líquenes y por las raíces de las plantas ataca el sustrato con el que intercambia las iones nutrientes.

En nuestro caso, al levantar las colonias líquénicas existentes sobre la piedra de Burgas, se puede observar con absoluta claridad que la piedra está mejor conservada que en las zonas desprovistas de ellas y por esta, al margen de cualquier otra consideración, podemos considerarlas más como protectores de la roca que como causa de alteración en el sentido edafogénico con que los investigadores se pronuncian inflexiblemente.

En algunas zonas expuestas al norte y sometidas a humedades casi constantes, se aprecia la existencia de algas verdes y azules, a la que no podemos tampoco atribuir, por ellas mismas, una importancia decisiva en el proceso de alteración de las rocas que aquí nos interesa, aunque suponen manchas y demuestran la existencia de humedades.

Tampoco a los hongos se les puede atribuir una función clara en los procesos de alteración de las rocas. Según Henderson y Duff (25) los hongos *Aspergillum Niger*, *Spicaria* sp. y *Penicillum* sp., producen cantidades considerables de ácidos cítrico y oxálico, pero a partir de disoluciones de glucosa al 5 %, y se han comprobado daños en pinturas mura-

les hechas al temple por atacar el aglutinante orgánico, pero a todo esto no podemos atribuirle un papel de consideración en nuestro caso actual.

A los microorganismos, no obstante, sí parece que hemos de atribuirles una influencia en algunos procesos de alteración de las piedras pero, desde un punto de vista cuantitativo, esta influencia también ha sido puesta en duda. Las investigaciones conducidas primero por el Profesor Pochon (56), más tarde por Pochon y Jatón (57) y otros colaboradores, y actualmente también por Jatón en piedras de monumentos, tratan de aclarar este aspecto del problema que es el que se considera de mayor interés dentro del ámbito de los mecanismos biológicos de alteración de las rocas.

En calizas y areniscas utilizadas en la construcción de monumentos, Pochon (58 y 60) y Pochon y Coppier (59) observaron la presencia de tiobacilos; las lesiones en que las encontraron se caracterizaban por un alto contenido en sulfatos y, en ellas, se aislaron por primera vez estos tiobacilos oxidantes de los sulfuros. El mecanismo que encontraron comprendía la reducción de sulfatos a sulfuros en el suelo próximo a la cimentación (*Desulfovibrio Desulfuricans*) y éstos eran arrastrados dentro de los muros por el agua de succión capilar.

La alteración en unas calizas con costras que no contenían sulfatos, pero sí nitratos, fue observada por Kauffmann (33) y Kauffmann y Toussaint (34), pudiendo aislar bacterias nitrificantes que oxidan el nitrógeno, presente en el aire y en el agua de lluvia, a nitratos, y éstos convierten el carbonato de calcio en nitrato de calcio soluble. Ensayando sobre piedras sanas las bacterias nitrificantes aisladas en las lesiones, se reprodujo el fenómeno de corrosión.

Para las bacterias heterótrofas se escribe generalmente que no son muy importantes en estos fenómenos de alteración, excepto cuan-

do existe abundante materia orgánica, ya que las bacterias pueden excretar sustancias corrosivas.

En todo este complejo y difícil mundo, de los agentes microbiológicos podemos retener los siguientes conceptos:

Según Pochon (60), los grupos funcionales que intervienen de forma más notoria en los procesos de alteración de las piedras son relativamente pocos: esencialmente se trata de los autótrofos "nitrificantes" del ciclo del nitrógeno que generan nitratos y los del ciclo del azufre 1) oxidantes que generan sulfatos y 2) mineralizadores del azufre orgánico, todos ellos generadores de  $\text{SH}_2$ . Finalmente se puede también considerar que en la "corrosión" de areniscas quizás intervengan bacterias que atacan a los silicatos, pero su acción es aún dudosa.

Se acepta normalmente que para decidir sobre la importancia de los mecanismos de alteración biológica observados sobre una piedra alterada, debemos conocer lo siguiente:

- 1) La presencia de organismos en número suficiente como para explicar el fenómeno observado.
- 2) Aislar e identificar esos organismos.
- 3) Reproducir el fenómeno observado cualitativa y cuantitativamente, inoculando el organismo en un material sano.

Un ejemplo que demuestra la importancia de este punto 3) quedó bien patente según Hueck (28) en los estudios sobre la corrosión microbiológica del acero pues, aunque se aislaron bacterias capaces de producir la corrosión, el daño que producen es cuantitativamente poco importante; esto indica que la corrosión microbiológica del acero existe, pero que no es el único ni el más importante de los factores. Las dificultades propias de

esta clase de experiencias hace que no se realicen siempre, y esto ayuda a la confusión en algunos casos.

La identificación de los organismos es un punto de importancia relativamente menor, pese a todo lo que normalmente se dice, porque no es siempre cierto que el organismo haya sido propiamente identificado ya que la taxonomía cambia, continuamente, al mismo tiempo.

Al primero de esos tres puntos antes indicados es al que se atribuye mayor importancia.

Los microorganismos, por estar presentes en casi todas las zonas del exterior, existen sobre casi todas las piedras, pero deben ser más numerosos en las alteraciones en las que intervengan como factores primarios o secundarios y, por consiguiente, se han de poder contar empleando técnicas de análisis cuantitativo.

Según Pochon (57) el análisis, por lo menos al principio, no debe ser para la determinación de la especie en el sentido taxonómico del término, sino más bien para la de la función bioquímica y fisiológica que le caracteriza o mejor aún, para la de la función mayor del conjunto presente sea cual fuere la posición sistemática de las especies que la componen; él mismo recomienda unas técnicas de estudio para determinar cuantitativamente bacterias, actinomicetos, hongos y algas.

En la actualidad, el estudio de estos factores microbiológicos se realiza dentro de programas más amplios en los que se consideran los análisis de sales, rocas, humedades, y otros ingredientes capaces de influir en los procesos activando las lesiones. En el estado actual de nuestros conocimientos y aún en el caso más frecuente de las bacterias del ciclo del azufre y, en especial, los tiobacilos que existen sobre lesiones de sulfatación, es difícil discriminar la proporción de sulfatos debidos a aportes físicos y químicos (contaminación, sales del mar o del suelo, etc.), y los originados exclusivamente por el metabolismo biológico.

En nuestro caso, si bien pueden existir bacterias sobre las piedras de la Catedral que están sulfatadas, las determinaciones globales cuantitativas nos indican que el número de colonias es reducido y que, por tanto, su contribución en la producción de sulfatos debe considerarse poco significativa.

## HUMEDAD EN LOS MUROS

### Introducción

La humedad tiene gran importancia en todos los procesos de erosión de la piedra de la Catedral de León y de todos los demás monumentos, aceptándose que es un elemento común en el origen de casi todas las formas de alteración actuando como matriz de casi todos los procesos químicos, físicos o biológicos que afectan a las piedras: las roturas por el hielo no son posibles, sin la humedad, los ciclos de las sales solubles tampoco se darían en su ausencia, la reacción de los contaminantes atmosféricos con las piedras secas serían menos nocivos, etc.

Por regla general los términos "muro húmedo" y "ambiente húmedo" se emplean continuamente sin escala de referencia y se aplican indistintamente para todos los muros y para todos los ambientes más o menos cargados de agua, de tal forma que la apreciación cuantitativa del fenómeno sigue dependiendo normalmente de la opinión personal del observador sin ser traducida a cifras.

Para cuantificar la humedad, como indica Massari (46), son imprescindibles las determinaciones del porcentaje de agua que contienen los materiales, y no sólo para diagnosticar los problemas, sino también para evaluar la eficacia de las soluciones que convenga emplear. Para comprender los efectos y razonar las medidas terapéuticas más adecuadas a cada caso, hemos de basarnos en los modelos de razonamiento establecidos por los especialistas.

En lo que concierne a las medidas de la H.r. del aire y a su influencia en los procesos de condensación, etc. no nos detendremos aquí más que para hacer incapié en el concepto de "microclima" para el espacio atmosférico que rodea un monumento o un muro, así como al más reciente de "nanoclima" introducido por Romanovski (63), que nos hace considerar las condiciones atmosféricas relativas a una superficie reducida que tenga características particulares: en efecto, si bien es importante medir las características del aire en la región, es más importante conocer el clima en contacto con las parcelas de los materiales que presentan problemas.

En la Catedral de León se presenta con toda evidencia el problema de absorción de agua, tanto en todas las partes bajas de los muros por efecto de la succión capilar de la roca, como en los paramentos exteriores expuestos a vientos dominantes por efectos de la lluvia.

Nos circunscribiremos a exponer los principios que rigen los fenómenos de absorción de agua y, a continuación, avanzaremos un juicio crítico esquemático sobre los métodos de eliminar humedades normalmente en uso por los especialistas. Finalmente estudiaremos someramente los distintos métodos para medir el contenido de humedad en los muros, recomendando el que a nuestro entender puede ser más útil para determinar en la Catedral, tanto el contenido y distribución actual de las humedades, como la evolución que pueda irse produciendo, a fin de poder valorar en su día el grado de eficacia de las soluciones que se apliquen.

## ABSORCIÓN DE AGUA

El proceso ha sido estudiado por Vos (79) en su aplicación a los monumentos.

El transporte de agua a través de los materiales porosos depende de su estructura capilar, y el proceso de absorción obedece a

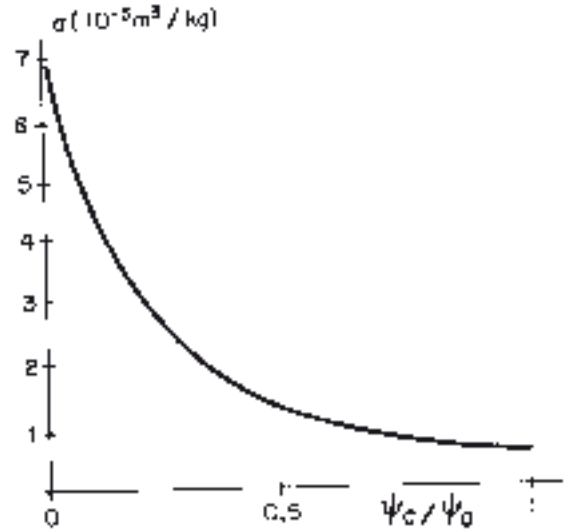
la ley  $m = K \sqrt{t}$ , siendo (m) la cantidad de agua absorbida (en  $\text{kg/m}^2$ ) para un tiempo (t en segundos), y (K) una constante de proporcionalidad que se denomina "coeficiente de absorción de agua" ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{S}^{0.5}$ ) e indica la capacidad de succión del material por efecto de las fuerzas capilares.

Para determinar este parámetro, Vos recomienda (79) situar probetas del material en contacto con el agua, habiendo impermeabilizado previamente las otras superficies expuestas al aire para impedir la evaporación; se determina el aumento de peso a distintos tiempos y se representan en una gráfica  $m = f(\sqrt{t})$ , lo que corresponde a una recta que pasa por el origen y permite el cálculo de K, que tendrá valores altos cuando el agua sea absorbida rápidamente y que valdrá cero para materiales impermeables.

La distribución del agua durante los procesos de absorción se efectúa de la siguiente manera: se forma un frente de agua ( $\xi$ ) que circula a través de la piedra y, cuando en este frente el contenido de agua en cada momento permanece constante, se dice que se ha alcanzado el "contenido de agua crítico" ( $\psi_c$ ) y más tarde, cuando el agua alcanza un valor máximo se denomina "contenido de agua máximo" ( $\psi_0$ ). Podemos determinar este contenido máximo colocando una muestra de material seco dentro de agua y en un recipiente en el que se hace el vacío y, cuando ya no varía más la masa, se ha alcanzado el valor  $\psi_0$ .

El valor de  $\psi_c$  se puede conocer a partir de varias curvas de secado y también basándose en que la situación del frente de agua obedece a la ley  $X = A \sqrt{t}$ , en donde (X) es el desplazamiento del frente de agua (en metros) para un tiempo (t en segundos) y (A) es una constante de proporcionalidad que se denomina "coeficiente de penetración de agua". Puesto que los valores de K, A,  $\psi_c$  y  $\psi_0$  están relacionados entre sí, al conocer tres de ellos podemos calcular el cuarto con ayuda de la fórmula  $A = \alpha \cdot K / \psi_0$  en donde  $\alpha$  es

una función de  $\psi_c/\psi_0$  que se puede deducir de la gráfica.



Según esto, se han podido calcular valores para calizas comprendidos entre  $0,8 \times 10^{-3}$  y  $3 \times 10^{-3}$ . Este coeficiente A está relacionado con el tamaño de los poros. Usando un modelo simplificado de capilares rectos uniformes de radio (r), se puede escribir que  $A = \delta\tau/2\eta$  siendo ( $\delta$ ) la tensión superficial, ( $\eta$ ) la viscosidad dinámica; la medida de (A) permite una estimación del tamaño medio de los poros y el cálculo del tiempo necesario para la penetración del agua en el material, lo que también podemos utilizar en la apreciación previa de la penetración de productos consolidantes en piedras alteradas.

El agua penetrará en un material de espesor (d) al cabo de un tiempo (t) según:  $t = d^2/A^2$  lo que supone para las tres calizas antes probadas y para un espesor de 35 cm unos tiempos de penetración de 3,15, 8 y 50 horas respectivamente. En estos cálculos es muy importante tener en cuenta la permeabilidad de las juntas que llegan a tener valores entre 4 y 10 veces más altos, lo cual junto con el valor de los materiales pétreos sirve para calcular la permeabilidad efectiva de los paramentos.

En muros tan gruesos y complejos como los de la Catedral de León, como son estructuras no homogéneas, con capas exteriores que retardan fuertemente la difusión del vapor, en ciertos casos pueden producirse condensaciones; una parte del material en el lado más frío puede tener un contenido de humedad próximo al nivel crítico, mientras que al otro lado que es más caliente la piedra puede estar seca o con sólo la humedad higroscópica; la situación del frente de equilibrio entre la zona húmeda y la seca ( $X_e$ ) puede calcularse por:

$$X_e = \frac{P_o - P_i}{P_o - P_d} \cdot d$$

siendo el tiempo necesario para que se alcance el equilibrio, el dado por:

$$T_e = \frac{P \cdot \psi_c}{\delta} \cdot \frac{d^2}{P_o - P_d} \quad (3P_o - 2P_i - P_d)$$

y en ese momento, el "contenido medio de humedad" será:

$$\psi = \psi_c - (\psi_c - \psi_H) \frac{P_o - P_i}{P_o - P_d}$$

siendo:

$P_i$  = presión del vapor de agua en el aire interior.

$P_o$  = presión de vapor máxima para la temperatura de la superficie interna.

$P_d$  = presión de vapor máxima para la temperatura debajo del recubrimiento [todas las  $P$  en ( $N/m^2$ )].

Tales consideraciones dependen, por supuesto, de la lluvia, y también en una cierta

medida del viento. El mecanismo de penetración de la lluvia en los muros fue revisado por Ritchie y Plewes (61) y por Bierkeland (4), lo que depende del tipo de construcción y de la superficie expuesta principalmente. Generalmente se forma una película de agua sobre la superficie de la piedra que penetra en el interior del material por efecto de la succión capilar principalmente; el viento produce diferencias de presión alrededor de la construcción, según su velocidad y según la altura y la forma de la estructura, actuando con distintas presiones en distintos puntos de los muros: aunque la influencia de la presión del viento en el transporte horizontal del agua a través de la piedra es según Tammes y Vos (75) despreciable, puede resultar importante en el caso de que existan grietas o aberturas en juntas, etc., que ambas son frecuentes en la Catedral de León. Por otra parte, los muros de la Catedral situados a sotavento de la componente principal a poniente, reciben menos lluvia, lo que motiva diferencias acusadas en el contenido de agua según la orientación y las condiciones de exposición de distintos materiales. Aunque según Vos (81) la influencia de la gravedad en el transporte de humedad en los muros es muy pequeña, puede ser mayor en paredes tan gruesas como las de la Catedral; según esto, la penetración de la lluvia es más acusada en las partes bajas del muro por ser las más gruesas, lo que se ha de tener en cuenta al enjuiciar la subida del agua desde el suelo, que como hemos señalado tiene un importante papel en los problemas del claustro principalmente.

Cuando el agua del suelo sube por los muros su movimiento en el interior de la piedra se efectúa principalmente en sentido vertical. Si no existen fuerzas externas, la velocidad de transporte ( $v$ ) en un modelo de capilares rectos uniformes de radio ( $r$ ) vendría dada según Tammes y Vos (75) por:



$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\tau^2}{8\eta\chi} \left( \varphi \cdot \alpha \cdot \chi \cdot \cos \gamma + \frac{2\sigma}{\tau} \right)$$

siendo ( $\eta$ ) la viscosidad, ( $\varphi$ ) su densidad, ( $\sigma$ ) la tensión superficial, ( $\alpha$ ) la fuerza de gravedad y ( $\gamma$ ) el ángulo que el capilar forma con la vertical.

Para: el agua que sube,  $\cos \gamma = -1$  y, por lo tanto:

$$v = \frac{\tau^2}{8\eta\chi} \left( -\frac{2\sigma}{\tau} - \varphi \cdot \alpha \cdot \chi \right)$$

por lo que cuando se alcanza el equilibrio, si se supone que no hay evaporación,  $v=0$  y la altura máxima alcanzada sería:

$$\chi_{\max} = \frac{2\sigma}{\varphi \cdot \alpha \cdot \tau} \text{ esto es, } 15 \times 10^{-6} / \tau \text{ (en metros) por}$$

lo que supone para materiales como la dolomita de León cuyos poros tengan un diámetro medio de unas 10 micras a pesar de la porosidad secundaria del proceso de dolomitización, la altura que puede alcanzar el agua sería de unos 15 m; sin embargo, normalmente se alcanza el equilibrio por evaporación y la  $\chi_{\max}$  no se alcanza, pero justifica subidas aparentemente anómalas, como las que se ven en, los paramentos del claustro afectando a las pinturas murales, cuando estos recubrimientos disminuyen la capacidad de evaporación y también cuando como en nuestro caso han recibido tratamientos con resinas silicona que, aunque son permeables al vapor, dificultan en alguna medida la evaporación de los paramentos tratados.

Para poder realizar un proyecto adecuado de los problemas relacionados con esto, será necesario estudiar la composición de los

muros de la Catedral que, probablemente, estarán contruidos con diferentes materiales en el interior y en el exterior mediante obtención de probetas por taladro con barrenas de corona. Estas estructuras complejas hacen los cálculos muy difíciles y, por otra parte, el modelo de capilares rectos uniformes suele ser demasiado simple para razonar flujos de humedad que exigen descripciones más complicadas, por lo que es necesario normalmente actuar sobre el muro directamente midiendo su contenido en humedad y su evolución con el tiempo y con los tratamientos.

#### TRATAMIENTOS CONTRA LA HUMEDAD (14)

Nos ocuparemos de los posibles remedios a aplicar en el claustro para evitar la subida de agua en los muros así como de los productos para la protección de los paramentos afectados por la dirección dominante de la lluvia.

Los procedimientos que se utilizan para esto pueden clasificarse en dos categorías:

- a) preventivos, que tienen por objeto impedir o disminuir el acceso del agua, y
- b) curativos, destinados a eliminar el agua una vez que ya está presente en los muros.

Estos sistemas son muy numerosos y constituyen una especialidad en sí mismos complicada y difícil. Massari ha revisado recientemente (47) estas cuestiones y estamos de acuerdo en afirmar que una aplicación más frecuente y sistemática de procedimientos contra la humedad aumentaría la eficacia de las restauraciones, ocurriendo en muchos casos que la sola aplicación de estos remedios y su mantenimiento regular basta para preservarlos.

Para evitar la subida de agua en los muros, Varlan (78) ha revisado los procedimientos en la antigüedad, y también han sido recordados por Gratwick (23), pudiendo destacarse

el sistema de contramuro con espacio de ventilación comunicado al exterior, utilizado por los romanos y descrito por Vitrubio; aun hoy, si se quiere garantizar la eficacia de un contramuro, es necesario airearlo al exterior y no al interior como se ve frecuentemente. La reducción de la sección transversal del muro, utilizada por el arquitecto Kock (47) para proteger el fresco del Dominichino, construyendo arcos, o haciendo una zanja a todo lo largo del perímetro externo del muro incrementando así la evaporación a un nivel más bajo, como hemos realizado en el Monasterio de Ripoll entre otros casos, permiten un saneamiento eficaz además de contribuir a eliminar las aguas freáticas y servir de drenaje.

Los métodos electroquímicos, conocidos generalmente como métodos electroosmóticos son propuestos con frecuencia en los monumentos, y algunos defienden su eficacia para desecar los muros, al ver su validez industrial en la desecación de canteras de arcilla, turberas, etc. Según Stambolov y Van Asperen de Boer (73) diferentes autores observan resultados contradictorios en el tratamiento de muros, y parece que las aplicaciones favorables pueden deberse, en muchos casos, a la reducción de la sección transversal de los muros obtenida por la frecuente inserción de los electrodos de diferentes tipos y naturalezas.

Para el secado efectivo de un muro, el contenido en humedad debe ser inferior al nivel crítico, y esta diferencial exigida es mucho más estricta que en los tratamientos industriales para los que una disminución del contenido en humedad, hasta alcanzar el 50 % o más, es perfectamente tolerable.

Moraru (50) ha hecho un amplio estudio de estos métodos distinguiendo las técnicas de electrodrenaje pasivo, esto es, utilizando la inversión de las diferencias de potencial naturales entre el suelo y la construcción (40 a 200 m V), y electrodrenaje activo intercalando una fuente de corriente continua de 6 a 24 V. El mecanismo molecular de la migración

electroosmótica, en medio poroso, tiene en cuenta que las moléculas dipolares del agua se orientan respecto a la pared de los poros en función del signo de su carga eléctrica, formando una doble capa eléctrica que envuelve a la columna de agua neutra del centro del capilar. Cuando se consigue invertir la polaridad -si los capilares son lo suficientemente pequeños- la columna de agua neutra eléctricamente puede seguir el flujo unidireccional del líquido a causa de su viscosidad.

El criterio para la aplicación de la electroósmosis viene definido por la relación entre el "coeficiente de permeabilidad electroosmótica" ( $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ) y el "coeficiente de permeabilidad del material a secar" ( $\text{cm}/\text{s}$ ) que debe ser igual o mayor que 10  $\text{cm}/\text{V}$ , lo que requiere poros suficientemente estrechos, mucho más que los comprendidos entre 1 y 10 micras de la dolomita de León, areniscas, ladrillos, etc. Numerosos investigadores estudian el valor de esta relación de coeficientes en distintos materiales, pero desgraciadamente los datos cuantitativos deberían ser más precisos ya que frecuentemente no concuerdan. En cuanto a los resultados prácticos de su aplicación a los monumentos, aun a pesar de la enorme experiencia de las firmas comerciales instaladoras en viviendas y edificios normales, no se han alcanzado los éxitos que cabía esperar, pese a la gran variedad de electrodos, equipos, e incluso superposición de principios como los sifones de aireación provistos de electrodos, etc.

La solución a la subida de agua desde el suelo se ha querido también resolver insertando en los muros tubos porosos con los que se pretende estimular la evaporación o incluso secar un muro que ya esté húmedo; en este tema se integran; los sifones de aireación de cerámica porosa del belga A. Knapen (37) y las múltiples variaciones comentadas por Massari y experimentadas por el C.E.B.T.P. belga (6192), entre los que merecen destacarse diversos tubos cilíndricos o semicilíndricos,

en plástico o en acero inoxidable, a veces provistos de soportes en acero o cobre y conductores a tierra, que pseudo pretenden incorporar al sistema los principios de la electroósmosis. En España se pueden ver instalados en la Catedral de Murcia y en otros muchos edificios monumentales en cuyos muros continúa observándose la humedad y en cuyo interior (véase capilla de los Junterones de la Catedral de Murcia) la impermeabilización realizada en el exterior, por el empleo de piedra más compacta, ha hecho subir en el interior en más de 1 m la cota de la humedad ascensional, estando en peligro de destrucción una zona importante esculpida que se conservaba bien, todo lo cual es prueba de la ineficacia del procedimiento. A pesar de que las múltiples experiencias realizadas prueban que la única mejoría a veces observable procede de la reducción introducida en la sección transversal del muro por las perforaciones realizadas, siguen siendo instalados por arquitectos en nuestros monumentos.

Otra técnica de evitar la subida capilar del agua en los muros consiste en intercalar una capa de material impermeable que intercepte la difusión del agua, lo que equivale a una reducción total de la sección absorbente del muro. En principio, los procedimientos son: o inyectar productos líquidos capaces de impermeabilizar una franja del muro en todo su espesor, o seccionar el muro mediante una sierra o mediante perforaciones sucesivas (técnica de Massari) intercalando un material sólido impermeable. El Laboratorio de Investigación de los Monumentos Históricos de Francia (L.R.M.H.) (76) en colaboración con el C.E.B.T.P. de Francia ha realizado un estudio experimental con una serie de muros contruidos para este fin y en los que han sido aplicados la mayor parte de los métodos propuestos, inyectando por gravedad o a presión productos tales como resinas de silicona, siliconatos, siliconato/látex, silicatos, resinas termoendurecibles, etc., así como también

seccionando los muros e intercalando láminas impermeables de material plástico, mezclas bituminosas, etc., demostrándose que sólo se obtiene una impermeabilización total al intercalar láminas totalmente impermeables, aunque con la mayor parte de los métodos de inyección también se consigue alguna disminución en la penetración de la humedad.

Por otra parte, y para proteger a los paramentos expuestos al agua de lluvia, se pueden utilizar productos hidrófobos. En este sentido, y cuando el contenido de humedad es inferior al nivel crítico, las experiencias realizadas por el C.E.B.T.P. (21) demuestran que de entre los diez mejores productos comerciales seleccionados, cinco se han revelado totalmente ineficaces y los otros cinco, a base éstos de resinas silicona, han suministrado una protección significativa. Como veremos más adelante al estudiar las resinas de silicona, esto se debe a la propiedad de ser impermeables al agua líquida y permeables al vapor de agua. Cuando el muro contiene humedad por encima del valor crítico, estos tratamientos sólo encubren los efectos de la humedad disminuyen la evaporación y pueden ser causa de un mayor ascenso del agua así como de la salida por el interior, como tenemos en los tratamientos realizados en la Catedral de León en varias ocasiones en el claustro y pórtico occidental, en los últimos años.

## PROCESO DE DESALACIÓN

Penetración del agua a través de la superficie de la roca tratada con resinas de silicona

Para conseguir que el agua penetre, atravesando la capa siliconada, o se elimina esta resina o se hace descender el valor de la "tensión superficial" del agua que es quien determina si, en la interfase de contacto entre el agua y la silicona, la penetración es o no posible.

La tensión superficial de estos productos orgánicos (mayor es el de los aceites, disolventes orgánicos y otras sustancias no específicamente polares), es de aproximadamente unas 30 dinas .  $\text{cm}^{-1}$ , frente al valor para el agua de 72 dinas.  $\text{cm}^{-1}$ . Por esto, para que el agua pueda penetrar en los poros hidrofugados, la fase líquida debe mojar a la fase sólida y se ha de formar una interfase entre el agua y la superficie a tratar: cuando es alta la del líquido respecto al sólido, como en nuestro caso, el agua forma gotas más o menos esféricas siendo mínimo el contacto entre las dos fases. A fin de disminuir el valor de la tensión superficial del agua, se le puede añadir un agente tensioactivo, lo que permite modificar sensiblemente sus características de superficie, ya que un buen mojante añadido al agua en la concentración de 0,01 % hace disminuir la tensión superficial por debajo de 30 dinas.  $\text{cm}^{-1}$  que es aproximadamente el valor que necesitamos.

La elección del detergente a emplear, de acuerdo con las variables de nuestro problema, nos lleva a plantear las siguientes consideraciones.

Desde el punto de vista de su composición química, la molécula de agente tensioactivo comporta una parte hidrófila y otra parte lipófila: la unión en el mismo sistema de un principio oleosoluble y de otro hidrosoluble, conduce al carácter particular de estas sustancias. Por eso, entre las fases líquida y la sólida se desliza una capa monomolecular del agente tensioactivo, formada a partir de las reservas de la fase líquida, que se absorbe en la interfase agua-silicona, proyectando la cadena hidrocarbonada hacia la resina y los grupos polares hacia el agua, resultando una disminución de la tensión interfacial con lo que la fase agua se esparce sobre la fase silicona.

Estos agentes tensioactivos se clasifican en cuatro grupos, tomándose como característica

de diferenciación entre ellos la carga del ión tensioactivo en disolución acuosa.

El grupo más importante cuantitativamente es el de los tensioactivos ANIONICOS que comportan grupos funcionales con carga negativa. En nuestro caso no podemos emplearlos dada la existencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{+}$  tanto en la dolomita como en las sales solubles, con los que reaccionaría el tensioactivo formando jabones cálcicos y magnésicos, lo que "cortaría" la disolución formando una pasta.

Los CATIONICOS proporcionan grupos funcionales con carga positiva. Tampoco pueden ser empleados porque, al estar cargadas las piedras negativamente por lo general, son absorbidos rápidamente sobre las paredes de los poros, no contribuyendo al fin para que han sido programados.

Los ANFOTEROS tienen posición intermedia, positiva o negativa, según el pH del medio, por lo que en nuestro caso no tienen un interés técnico.

Para nuestro caso, son los NO IONICOS los más útiles. No dan ningún ion en disolución sino que en la parte hidrófila tienen grupos hidróxilo o etóxilo. No tienen pues las desventajas de los anteriores y sí mayor capacidad de mojado.

Para el tratamiento hemos seleccionado el agente tensioactivo Lissapol fabricado por ICI, ampliamente utilizado en problemas de conservación.

#### Utilización de pastas absorbentes

Plenderleith (55) recomienda el empleo de pasta de papel húmeda para extraer las sales contenidas en los objetos de piedra o de cerámica que no pueden desalarse por inmersión en agua como es nuestro caso, tanto por el gran tamaño de las piezas como por la existencia de restos de policromía en la que el yeso es uno de los componentes.

La descripción pormenorizada de los diferentes métodos y productos para la elimina-

ción de las sales solubles en objetos de piedra fue realizada por Sneyers, R. V. y de Henau, P. J. (71) describiendo los distintos pasos de fijación, extracción por inmersión en agua, con pulpa de papel, circulación forzada a través de la piedra, utilización del agua caliente y, finalmente, el tratamiento de bloqueo de las sales con cera cuando éstas no pueden ser extraídas.

A nuestro parecer, la introducción de pastas absorbentes formadas con arcillas especiales finamente molidas en la conservación de bienes culturales se debe a Mora (49) quien comunicó, en 1972, la utilización de la atapulgita en los procesos de desalación de pinturas murales hechas al fresco.

Un estudio muy profundo de todos los parámetros implicados en los procesos de desalación, razonando primero los principios conectados con los materiales, el agua, los iones y todas las fuerzas que los relacionan, sobre modelos teóricos y a nivel de experiencias de laboratorio, para pasar seguidamente a la realización práctica de las soluciones, se debe a Jędrzejewska (32) y ha de ser tenido en consideración totalmente en las distintas particularidades de la realización práctica de lo trabajos, por lo que su resumen simplificado no es ahora posible.

En nuestro caso, hemos seleccionado una mezcla de talco: caolín: sepiolita (1: 1 : 2) a la que se añade agua con 0,01 % de lissapol hasta consistencia pastosa. Se busca un color muy blanco de la pasta para hacer más distinguibles los residuos que puedan quedar sobre la superficie irregular de las obras, a fin de proceder a su eliminación minuciosamente. Este afán de eliminación total se debe a que junto con los polvos de esta masilla se encuentran las sales que nos proponemos extraer, principalmente.

## SELECCION DEL PRODUCTO PARA EL TRATAMIENTO FINAL DE CONSOLIDACION y PROTECCION

### Generalidades

Para consolidar y proteger la superficie de estas obras hechas en piedra, se podrían utilizar productos orgánicos o inorgánicos.

Un sector de los restauradores defiende por principio el empleo de compuestos inorgánicos, haciendo hincapié en conceptos de tipo filosófico que les impiden mezclar la piedra con lo orgánico.

Para muchos especialistas resulta preferible el empleo de compuestos orgánicos, más versátiles y de aplicación más adaptable a las particularidades específicas de cada problema.

El problema fundamental que caracteriza la aplicación de unos u otros es que, por lo general, los resultados conseguidos son poco satisfactorios. Cuando los problemas se pretenden resolver por la sola aplicación de un producto más o menos sofisticado, pretendiendo ser una panacea que resuelva al mismo tiempo los problemas de debilitamiento de la piedra y las causas del mal, ya sean sales, contaminantes, humedades, etc., el error fundamental se encuentra en el principio de operación que pretende actuar a tontas y a locas careciendo de un diagnóstico justificado y de una terapéutica razonable.

En cuanto a los productos, por ellos mismos que es el objetivo de este apartado, y cuya utilización se integrará dentro del contexto más amplio que planteamos en esta conferencia, los problemas nacen tanto de la naturaleza intrínseca de estos compuestos como de su insuficiente penetración en el material pétreo poroso.

Desde antiguo, y para la consolidación de las superficies se ha intentado la aplicación de capas adhesivas a base de aceite de lino cocido, resinas naturales, lechada de cal, silicatos alcalinos, fluosilicatos, fluoruros, siliconas,

disoluciones de sales de bario, etc. La protección de las piedras también se intentó por impregnación con disoluciones reales o coloidales de numerosos productos, de la mayor parte de los citados y también de ceras, parafinas (fundidas con calor), agua de cal alternada con caseína, resinas vinílicas, resinas acrílicas, resinas epoxídicas y de poliéster, jabones metálicos como los estearatos de aluminio o de zinc, ésteres silícicos, etc.

Aplicados en exteriores, sus efectos no son generalmente muy duraderos. Una vez en el interior de los poros unas disoluciones deben perder el disolvente, otras deben reaccionar con productos introducidos más tarde, las soluciones reales tienden a acumularse en el frente de evaporación y las dispersiones coloidales pueden romperse al entrar en contacto la fase dispersa con los elementos salinos presentes o con las paredes de los poros que por su carga eléctrica son capaces de provocar la floculación, lográndose en estos casos una consolidación de la superficie solamente, lo que es poco útil e incluso perjudicial cuando quedan restos de sales o humedad en el interior de la piedra, favoreciéndose la formación de estalladuras, etc.

En este apartado nos ocuparemos exclusivamente de los productos de mayor eficacia intrínseca, prescindiendo de las otras variables relacionadas con los mecanismos de alteración presentes y que suponemos resueltos en fase previa, así como de otros varios productos como mezclas de cal, jabones metálicos, "goma-laca", barnices naturales, aceites secantes, etc. que son inadecuados para nuestro caso, "a priori".

Es necesario anotar que la mayor parte de los productos, y en especial los orgánicos, modifican más o menos el aspecto de las piedras tratadas, lo que hace difícil que se puedan recomendar indiscriminadamente para todas las piedras. Este tema viene siendo estudiado por los especialistas del color, que insisten en que de los tres parámetros

que caracterizan el color propiamente dicho (longitud de onda dominante, pureza y brillo), estos tratamientos no modifican en absoluto al primero, por lo que no puede hablarse de una auténtica modificación del color, sino más bien de alguno de los factores que contribuyen a definirlo. En lo que respecta a las soluciones prácticas de este problema, sabemos que la naturaleza de la roca es un importante factor por el cambio de aspecto, por el elevado índice de refracción de estos compuestos. Winkler (86) ha propuesto este año un método simple de determinación del color y su variación al aplicar productos, utilizando medidas comparativas con un fotómetro entre la piedra tratada y la no tratada, usando como referencia los cartones grises Kodak y la escala de colores Munsell. En nuestro caso, un método aún más simple, consistente en comparar una piedra de León limpia e impregnada con el producto seleccionado, con otra limpia y sin impregnar, indica que el cambio fundamental es de aspecto al ser limpiada más que por el producto, lo que se justifica por el alto contenido de esta dolomita en arcillas y minerales de hierro.

Un tema muy controvertido es el que se relaciona con la alterabilidad de los materiales consolidantes por acción de la luz. La resistencia de diferentes barnices a las radiaciones visibles y ultravioletas ha sido estudiado muy detenidamente en su aplicación a los barnices de la pintura, los cuales por estar totalmente en superficie, reciben completamente la acción destructiva de las reacciones de oxidación fotocatalizada; aunque todos estos materiales son alterables por la luz, tanto una capa de silicato de etilo como una resina acrílica, son por regla general estos compuestos acrílicos los que mejor se comportan a la acción de la luz.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que la acción de las reacciones catalizadas por la luz sólo se produce allí en donde hay luz, lo cual en nuestro caso no sucede en el interior de los poros de la roca los cuales,

a pocas micras de profundidad, son totalmente opacos en muchos casos. En nuestra experiencia, materiales que se conservan en ausencia de radiaciones visibles y ultra violeta, se conservan muy bien casi indefinidamente: este término que quiere valorar etapas de casi trece mil años, lo utilizamos en base a la existencia de resina de ámbar conservada en el techo de las pinturas de Altamira, así como a un colorante orgánico violeta también utilizado allí por el hombre prehistórico (7).

#### Productos de consolidación de naturaleza orgánica

Nos referiremos exclusivamente a las ceras y a los ésteres acrílicos y de siliconas.

Aunque existen numerosos inconvenientes que restringen teórica y prácticamente el empleo de ceras y parafinas para el tratamiento de las piedras, se usan muy a menudo. En España, Sanmartín (65) ha consolidado granitos en Galicia, especialmente el Pórtico de Platerías de la Catedral de Santiago de Compostela, utilizando una mezcla de cera de abejas y azufre que se extiende sobre la roca previamente calentada con un soplete; este método que se inspira en el tradicional utilizado por los canteros gallegos para pegar fragmentos de granito, también lo ha aplicado a areniscas como algunas laudas sepulcrales del Monasterio de Poblet y unas pruebas en la Portada de Ripol. El método empleado no consigue resultados satisfactorios en ninguno de los casos realizados.

Una forma más correcta de utilización de la cera de parafina fue la realizada en la protección contra los contaminantes atmosféricos de la Aguja de Cleopatra, en Londres: Burgess y Schaffer (5) señalan que se hizo una disolución al 10 % en White Spirit que 'se aplicó sobre la piedra seca en dos veces consecutivas y, una vez evaporado el disolvente, se calentó la superficie con un soplete para derretir la cera en las fisuras. Sneyers y de Henau (71) consolidaron restos escultóricos cargados de

sales, bloqueando éstas con una mezcla de dos partes de cera de abejas y ocho partes de cera de parafina fundida con calor y que se hace gotear sobre la piedra calentada con infrarrojos, siendo la cantidad de cera consumida un índice de la calidad conseguida con el tratamiento, pues el objetivo a conseguir es aislar los cristales de sal dentro de la masa de cera. También nos informan de la utilización de las ceras sintéticas microcristalinas, como las fabricadas por Astor Boiseller, de Londres, con el nombre de Cosmoloids y que presentan ventajas indudables por tener una amplia variedad de puntos de fusión, no atraer tanto el polvo, etc. En otros casos, lo que se ha aplicado es una mezcla de parafina y polietileno mediante pistola.

Recientemente, un proyecto de una firma comercial ha propuesto para la fachada de San Marcos, en León, como fase final del tratamiento, la aplicación de cera microcristalina siendo también la piedra una dolomita de Boñar.

Dentro de la amplia gama de productos que se denominan resinas sintéticas preseleccionamos únicamente dos grandes grupos: las acrílicas, ya sean polímeros o monómeros y las de silicona, dejando al margen todos los demás productos de siliconatos, resinas epóxicas, poliacetatos de vinilo, etc. que ya sea por la producción de sales como sucede con los siliconatos o por no aportar condiciones mejores que los acrílicos, no presentan ninguna característica de especial atención para nosotros en el caso presente.

De los ésteres acrílicos, han sido utilizados en muchísimos casos los tres principales de metil, etil, o butil metacrilato. El Paraloid B-72 o el B-82 al 5 % en Tolueno (polimetil-etil-metacrilato) ha sido utilizado con éxito por Mora (54) en la consolidación de frescos y, por extensión y también con éxito, en la consolidación de numerosos tipos de piedra, entre los que destacamos las columnas del convento de San Bernardo, en el Cuzco, reali-

zado por nosotros mismos (12). Esta resina se está constituyendo en casi una panacea entre los restauradores, que también la utilizan para fijar la superficie de la pintura, engasar temples, formar parte de barnices de cuadros, consolidar maderas y otros productos porosos, barnizar objetos de plata para evitar el ennegrecimiento por el  $\text{SH}_2$  atmosférico, etc. Para el tratamiento de rocas porosas, nosotros preferimos y venimos utilizando, desde 1965 con éxito en todos los casos estudiados (8), un producto mezcla de dimetil acrilato y etilmetacrilato denominado Bedacryl 122X y fabricado por Imperial Chemical Industries como una disolución al 40 % de resina sólida en Tolueno.

Una importancia grande debe atribuírsele al disolvente que se utilice. Domalowski y Leheman (17), han estudiado el mecanismo de acumulación de las resinas en las superficies de evaporación como una función de las siguientes variables:

- 1) Volatilidad de los disolventes.
- 2) Temperatura de secado.
- 3) Tiempo de secado.
- 4) Concentración de las disoluciones.
- 5) Diferentes resinas de distinta naturaleza.

Las conclusiones que establecen pueden resumirse en:

- A) Disoluciones de polimetacrilato de butilo en una docena de disolventes cuyas volatilidades varían entre 2,1 y 163 respecto a la del éter etílico, demuestran que, excepto para el White Spirit, en todos los demás se produce una migración similar hacia la superficie de evaporación.
- B) En White Spirit, las disoluciones de polimetacrilato de butilo a temperaturas comprendidas entre 20 y 100° C se depositan siempre uniformemente en toda la superficie e interior de la muestra.

C) Al disminuir la velocidad de evaporación por medios externos, mejora la distribución en el seno de la muestra de polimetacrilato de butilo disuelto en Tolueno.

D) La concentración de polimetacrilato de butilo, en White Spirit, comprendida entre el 5 % y el 20 %, demuestra que la concentración influye en la migración, pues a 15 % el corazón de la muestra no queda consolidado y con ello % sí lo está.

E) Estudiando el comportamiento de disoluciones al 10 %, en White Spirit, de polimetacrilato de butilo, polimetacrilato de etilo, polimetacrilato de metilo, poliacetato de vinilo, policiclohexanona y colofonia y, después, en acetato de metilglicol como disolvente se ve que todas las resinas se comportan igual, quedando bien distribuidas en profundidad con el White Spirit y quedando todas en superficie con el otro disolvente.

Recientemente, Winkler y Clifton (87) han estudiado también la acción de los disolventes sobre los productos protectores de la piedra. En términos prácticos aceptamos que los mejores resultados se consiguen con impregnaciones lo más profundas que sea posible (inmersión, vacío, etc.) de resinas a la concentración del 10 % en White Spirit y con un proceso de secado tan lento como se pueda.

Hace pocos años, e inspirándonos en los trabajos realizados en Bruselas por Sneyers para la desalación de una mastaba egipcia con restos de policromía, hicimos un proyecto de trabajo para el tratamiento de la "Dama de Baza" (10), y en el que programamos el empleo como fijativo de la superficie de una disolución diluida de un nylon modificado denominado Calaton C.A. (fabricado por ICI) capaz de dar en disoluciones alcohólicas películas muy flexibles y discontinuas que penetran bien, y fijan el material disgregado sin obturar los poros a fin de permitir otras fases posteriores del tratamiento; revelaciones recientes hacen ver que quizás no constituya



esto una prueba verdadera de empleo del producto mencionado: los restauradores que allí trabajaron dicen que lo publicado no se ajusta a lo que realizaron, con lo que demuestran que lo que realizaron no se ajustó hurtándose a la vigilancia a lo proyectado, con lo que al parecer la fijación de esta superficie se debe más a la "gelatina" que utilizaron que al nylon que se recomendó como producto más idóneo. Pese a las inadecuadas características de la gelatina, no tememos demasiado por la correcta conservación de esta policromía, ya que se conserva dentro de una sala del Museo Arqueológico Nacional y con un clima controlado y más bien seco.

La impregnación con monómeros que después polimerizan en el interior de los poros tiene grandes ventajas. Los monómeros acrílicos, debido a su, baja viscosidad de unos 0,6 centipoises (las resinas epóxicas de baja viscosidad como el Araldit CY232-HY95I tienen 650750 cp.) penetran profundamente y endurecen sin peligro de que se acumulen en las superficies de evaporación, rellenando totalmente los poros que impregnan.

Para polimerizar estos compuestos olefínicos existen varios procedimientos. El más utilizado es por polimerización de radicales en cadena con peróxidos como iniciadores; en estos procesos la mezcla en reacción se debe calentar para formar una cantidad suficiente de radicales libres por disolución de los peróxidos que, como por ejemplo el peróxido de isobutilo o el di-isopropilperoxidicarbonato, se disocian a la temperatura ambiente, por lo que éstos pueden resultar explosivos y son de difícil manejo. Para acelerar la polimerización se puede calentar el peróxido pero, en nuestra experiencia, al calentar en estufa el de benzoilo para también desecarlo, se produjo una explosión que, por tener poco aire, originó una gran masa de humo, lo cual resulta peligroso. Para acelerar la polimerización a temperatura ambiente, se añaden activadores que provocan la disociación de los iniciado-

res de peróxido y para esto sirven numerosas sustancias: para los peróxidos de acilo, como el peróxido de benzoilo, que empleamos frecuentemente en nuestro caso, se emplean aminas terciarias y para los -hidroperóxidos como el de metil-etil-cetona, se utilizan compuestos organometálicos, como los octoatos o los naftenatos de cobalto frecuentes en la formulación de los poliésteres.

Munnikendam (51) ha comprobado la acción de diferentes combinaciones de iniciadores para radicales alifáticos, a temperatura ambiente, capaces de activar la polimerización de compuestos acrílicos, obteniendo los mejores resultados con el peróxido de benzoilo y la dimetilparatoluidina, añadiendo al monómero 2 % del primero y 0,6 % de la segunda, con lo que al cabo de 2 h a temperatura ambiente, empieza a aumentar la viscosidad, recomendando que se cubra el objeto impregnado con una hoja de papel de aluminio para evitar la evaporación, y lo mismo ha recomendado recientemente Witte y Mathot del IRPA de Bruselas, quienes utilizan azo-bis-iso-butironitrilo como iniciador del monómero (88).

Durante el tratamiento de consolidación, que en 1970 aplicamos a unos leones ibéricos de piedra procedentes de las excavaciones de Pozo Moro en Albacete y que se conservan en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid, la utilización de este procedimiento de polimerización de monómero metacrílico nos ocasionó serias dificultades debido a que, en el mecanismo de endurecimiento, es muy sensible al oxígeno del aire que llegaba a retrasar y, a veces, a impedir la polimerización. Para evitar esto, aplicábamos sobre la superficie impregnada una disolución de Bedacryl que actuaba como un barniz provisional impidiendo el contacto entre el monómero y el aire, lo que da buenos resultados. Esto también puede lograrse cubriendo el objeto impregnado con una pasta de glicol espesado, con cera, o por inmersión en agua,

así como por la utilización de catalizadores de derivados del borano o utilizando monómeros difuncionales.

La utilización de mezclas de monómeros acrílicos y de poliéster también suministra resultados útiles en algunos casos, aunque lo más frecuente sea la dilución del monómero con estireno. En esto, científicos relacionados con la Energía Atómica han iniciado un programa denominado NUCLEART (52), en la que hacen polimerizar una mezcla de poliéster y estireno, en particular el "Stratil A228" de Rhône-Progil en Francia, metido en el interior de los poros de la piedra mediante irradiación con radiación Gamma de una bomba de Co-60, lo que permite impregnar cómodamente los materiales al vacío y sin riesgos de endurecimiento imprevisto, eliminar los excesos, conservar el gran volumen de resina necesario para la inmersión en tanque de las grandes piezas, mejorando notablemente las características mecánicas y tecnológicas de los materiales tratados, aunque queda por resolver el difícil problema del comportamiento térmico del conjunto piedra-polímero en la reacción exotérmica de polimerización de los monómeros, así como los fenómenos de contracción de la resina en la formación del sólido.

Por otra parte, también se han utilizado para la consolidación de piedras las resinas epoxídicas, tanto en monómeros de alta viscosidad como en los de baja viscosidad, pero su utilización no la discutiremos aquí pues las rechazamos por principio y experiencia en casos como el que ahora nos ocupa.

Las resinas de silicona se utilizan frecuentemente para hidrofugar superficies expuestas al agua de lluvia. Gérard ha comunicado recientemente (21) de acuerdo con el IRPA de Bruselas, las experiencias realizadas con diferentes productos comerciales, utilizando únicamente resinas de silicona y prescindiendo totalmente de los siliconatos, como es lógico, por la producción de sales que

originan. Estas resinas, por su débil tensión superficial, penetran fácilmente en la piedra y tapizan las paredes de los poros, pero la película formada es permeable a los gases y al vapor de agua" lo que permite que la piedra "respire". El estudio previo de los productos suministrados por una docena de firmas comerciales indica que todos ellos pertenecen al grupo de las metilsiliconas, pero se aprecia que al calentarlas durante 24 horas a 50°C y después 4 a 100°C, unas continúan siendo viscosas mientras que otras endurecen en masa homogéneas y, otras aún, endurecen y se fragmentan en gránulos pseudo-cristalinos. La experiencia demuestra que una resina, viscosa y otra dura, de las ensayadas, han dado buenos resultados después de 4 años de exposición, mientras que aquellas que se descomponen con el calor desaparecen en poco tiempo sus características hidrofugantes.

Teniendo en cuenta el carácter de inercia química de las siliconas absorbidas sobre un material, que debe ser silicatado, pues sobre las calizas sólo se logra una adsorción de tipo físico sin conseguirse ningún ligazón de valencia de tipo primario con la superficie de la roca, la impermeabilidad que suministran puede durar bastante.

Respecto a la eficacia de las siliconas en aspectos diferentes a la protección contra el agua líquida, debemos remarcar que: la alcalinidad las destruye rápidamente y esa alcalinidad puede proceder a veces del propio material húmedo, como es la caliza o los morteros de cal, o la acción del agua de mar, así como que no actúan como protección frente a los gases ácidos contaminantes de la atmósfera ni contra las sales de la piedra por permitir la salida del vapor de agua, lo que hace que tras ellas se acumulen las sales produciendo estalladuras y costras. Por su carácter hidrofugante y por reducir el contenido de humedad en los materiales por debajo del nivel crítico, se consideran útiles para evitar el crecimiento de organismos vegetales como

plantas y líquenes, pero recientemente Jatón (31) ha informado que no suministran protección apreciable contra los microorganismos.

Resulta también de interés las experiencias de utilización conjunta de resinas acrílicas y de resinas silicón, así como de las siliconas con el silicato de etilo o de los monómeros epoxídicos de baja viscosidad con el silicato de etilo que hace bajar la viscosidad aún más, todo lo cual está recogido con detalle en las ponencias de Bolonia editadas por Rossi-Manaresi (64) entre otras recopilaciones de los últimos años.

#### COMENTARIO FINAL

Para determinar los medios de protección, que en cada caso son los necesarios estrictamente, se han de estudiar los problemas con espíritu científico, desechando las nebulosidades empíricas y las tautologías para llegar a elaborar diagnósticos precisos y claros.

Somos conscientes de las dificultades que entraña la realización de este tipo de estudios que son, por esencia, multidisciplinarios y, por esto, se trata de concentrar los esfuerzos en dos líneas principales de acción: según la primera, se pretende recopilar cuanta información científica y técnica se desprende de estudios muy profundos, conducidos sobre un monumento, en concreto, como es el caso de Borobudur entre otros actualmente, y de acuerdo con la segunda línea, se quiere recoger cuanta información -salida de las distintas disciplinas científicas y técnicas- pueda colaborar al estudio para la conservación de la piedra en exteriores, planteando en muchos casos programas muy específicos. En este segundo camino y utilizando el potencial establecido para investigaciones geológicas, materiales de construcción, etc., se han realizado bastantes reuniones internacionales que, con frecuencia, confrontan a los más notables especialistas a fin de

analizar el estado actual de los avances en cada campo.

A partir de 1965, fecha en la que contribuimos a este esfuerzo común internacional con el 1.º Simposio Internacional de Madrid sobre Alteración y Conservación de la Piedra en los Monumentos, se han presentado trabajos de primerísimo orden en los Coloquios de Bruselas de 1966 y 1967-68; además de las reuniones generales del Comité del ICOM para la Conservación con su Grupo de Trabajo "piedra", la reunión del I.I.C. de Nueva York, en 1970 y otras muchas, siendo las más recientes: 1969, Bolonia, Centro per la Conservazione delle sculture all'aperto; 1971 también Bolonia; 1972 La Rochelle (Centre de Recherches et d'Etudes Oceanographiques; 1975 en Bolonia y en La Rochelle; 1976 en Atenas, National Technical University Laboratory of Physical Chemistry; 1978 París, UNESCO RILEM, entre las más principales.

La creación en 1972, en el seno de la RILEM, del Grupo de Trabajo 25 PEM (Protection des Monuments en Pierre Naturelle, o, Pierre Erosion Monuments), con el fin de buscar métodos experimentales para examinar las alteraciones de las piedras calizas y determinar la eficacia de los métodos de tratamiento, tiende a establecer ensayos normalizados que permitan sustituir las observaciones subjetivas por datos cifrados sobre diversos parámetros tales como: adherencia, coeficientes de permeabilidad al agua y al vapor de agua, capilaridad, porosimetría, succión (microporosidad), heladicidad, cristalización de sales, curva de evaporación, densidad aparente, ensayos mecánicos, velocidad de propagación del sonido, medida de la frecuencia de resonancia fundamental, etc.

A nuestro parecer, el estado actual de nuestros conocimientos y actuaciones en el dominio de la conservación de la escultura lítica en exteriores, puede caracterizarse por una serie de avances profundos en parcelas

relativamente aisladas, por lo que resulta conveniente reforzar las líneas de trabajo que permitan establecer los nexos pluridimensionales que faltan.

Sin pecar exageradamente de optimistas, pero buscando las soluciones que las ciencias nos ofrecen dentro de la enorme dificultad que el conocimiento de tan amplios horizontes plantea, hoy por hoy es posible la con-

servación de la escultura lítica exenta tanto en nuestras catedrales como en las antiguas ciudades de los Mayas, haciendo diagnósticos buenos y compensando con calidad operativa los márgenes lógicos de incertidumbre y de desconfianza que nacen del enfrentamiento puramente reflexivo con tan arduos problemas. ■

## BIBLIOGRAFIA

- (1) BERTHOLLET, C. L.: "Essai de statique chimique", 2 vols. París 0803), Iere partie: "Des limites de la combinaison", cap. III "De l'efflorescence", vol. I. págs. 403-409.
- (2) BERTOLACCINI, M. A., CERQUIGLINI, S., FASSINA, V. & TORRACA, G.: "Study of Borne gaseous and particulate pollutants in the atmosphere of Venice 0972-1973) and their effect on the deterioration of Istrian Stone"; International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property, Roma 1975.
- (3) BESCHEL, R. E.: "Dating rock surfaces by lichen growth and its application to glaciology and physiography (Lichenometry)"; en Geology of the Arctic. Proceeding of the First Int. Symp. Art. Geology; vol. 2, págs. 1.044-1.062.
- (4) BIERKELAND, O.: Norwegian test methods for radial penetration through masonry walls"; Symposium on masonry testing ASTM, Spec. I Technical Publication, n.º 320, Philadelphia 1963, págs. 3-5.
- (5) BURGESS, S. G. and SHAFFER, R. J.: "Cleopatra's needle"; Chemistry and Industry, 1952, pág. 1.026.
- (6) BUTTERWOTH, B.: "Some striking examples of efflorescence on stone"; VII Intern. Congr. of Ceramics, Londres 1960.
- (7) CABRERA GARRIDO, J. M.ª: "Les matériaux de peinture a Caverne d'Altamira"; 5th Triennial Meeting. Committee for Conservation. ICOM. Zagreb. 1978.
- (8) CABRERA GARRIDO, J. M.ª: "Alteración y Conservación de materiales pétreos en los Monumentos"; Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, 1973.
- (9) CABRERA GARRIDO, J. M.ª: "La Conservation du Portail de Ripoll"; ICOMOS, Monumentum, vol. I, págs. 83-102, París, 1967.
- (10) CABRERA GARRIDO, J. M.ª: "Conservación de una escultura Ibérica del s. IV a J. C."; Informes y Trabajos del I.C.C.R. vol. 12, Madrid, 1972.
- (11) CABRERA GARRIDO, J. M.ª: "La Conservación de la Portada de Ripoll: datos complementarios"; Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique "in Memorial Paul Coremans", vol. XV, págs. 40-50, Bruselas, 1975.
- (12) CABRERA GARRIDO, J. M.ª: "Conservación de la piedra en los Monumentos del Cusca, Perú"; Misiones UNESCO, Proyecto Per-71-539, 1976-1977.
- (13) CLEMENTS, F. E. and SHELFORD, V. E.: "Bioecology"; John Wiley, pág. 415. New York, 1939.
- (14) "Conference on the Problems of Moisture in Historic Monuments", ICOMOS, Roma 1967.
- (15) COOPER, R. and RUDOLF, E. D.: "The role of lichens in soil formation and planta sucesions"; Ecology, vol. 34, págs. 805-808.
- (16) DEGRANGES, P., GREFFARD, J. et PREVOSTEAU, J. M.: "Etude des propriétés sorptives du SO2 atmospherique sur les matériaux calcaires"; Colloque International UNESCO-RILEM, 3.1. Paria 1978.
- (17) DOMALOWSKI, W. et LEHERIAN, I.: "Recherches sur l'affermissement structural des pierres au moyen de solutions de résines thermoplastiques"; The Treatment of Stone, pág. 225, Bolonia, 1972.
- (18) FRANCO MATA, M. A.: "Escultura Gótica en León", Madrid-León, 1976. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 1974.
- (19) GARCIA DE LA Foz, J.: "Crónica de la Provincia de León"; Crónica General de España, pág. 66, Madrid, 1867.
- (20) GERARD, R.: "Trois méthodes d'essai de gélimité récemment normalisées en Belgique"; International UNESCO-RILEM, 3.2. Paris, 1978.
- (21) GERARD, R.: "Etude de la protection des pierres calcaires au moyen de résines silicones"; Treatment of Stone, Bolonia, 1972.
- (22) GOMEZ MORENO, M.: "Catálogo Monumental de España, Provincia de León, 1907-1908"; Vol. I, páginas 222-224, Madrid, 1925.

- (23) GRATWICK, R. T.: "L'humidité dans le bâtiment: causes et remèdes"; Edit. Eyrolles, Paris, 1970.
- (24) HALE, M. E.: "Lichen Handbook"; Smithsonian Institution, Washington, 1961.
- (25) HENDERSON, M. E. and DUFF, R. B.: "The release of metallic and silicate ions from minerals and soils by fungal activity"; Journal of Soil Science vol. 14, n.º 2, 1964, págs. 236-246.
- (26) HIRSCHWALD, J. de Z.: Prek. Geol. (1908), n.º 16, pág. 257, citado por KIESLINGER, A.: "Les principaux facteurs d'altération des pierres à bâtir"; ICOMOS Monumentum, vol. II; pág. 61, 1968.
- (27) HONEYBORNE, D. B. and HARRIS, P. B.: "The structure of porous building materials and its relation to weathering behaviour"; Evert, D. H. & Stone, F. S. "The Structure and Properties of porous materials"; Butterworths, pág. 343, Londres 1958.
- (28) HUECK VAN DER PLAS, E. H.: "The microbiological deterioration of porous building materials"; Central Laboratory TNO for Building Materials and Structures, n.º 6/67, Delft, Holanda 1967.
- (29) I.C.O.M.O.S.: "Conference on the Problems of Moisture in Historic Monuments"; pág. 332, Roma 1967.
- (30) IÑIGUEZ HERRERO, J.: "Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción"; Ministerio de Educación Nacional, Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid 1961.
- (31) JATON J. et ORIAL, G.: "Ecologie microbienne de murs expérimentaux en pierre calcaire et traitement indirect avec des hydrofuges"; Colloque International UNESCO-RILEM 4.5. Paris, 1978.
- (32) JEDRZEJEWSKA, H.: "Removal of soluble salts from stone"; ICC Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects, págs. 19-33, New York, 1970.
- (33) KAUFFMANN, J.: "Rôles des bactéries nitrifiantes dans l'altération des pierres calcaires des Monuments"; Comptes Rendues 'Académie Sciences, 234, pág. 2,395, 1952.
- (34) KAUFFMANN, J. et TOUSSAINT, P.: "Corrosion des pierres: nouvelles expériences montrant le rôle des bactéries nitrifiantes dans l'altération des pierres calcaires des Monuments"; Corrosion et Anticorrosion, Vol. 2, pág. 240, 1954.
- (35) KELLER, E, BALGOARD, T. and REESMAN, P.: "Dissolved products of artificial pulverized silicate mineral and rocks"; Journal Sedimentary Petrographie, vol. 33, pág. 191, 1963.
- (36) KIESLINGER, A.: "Ein Beitrag zur Marmorverwöterung. Erneuerungen am Wiener Postsparkassengebäude"; Osterr. Bauzeitung, tomo 9, pág. 269, Viena 1933.
- (37) KNAPEN, M. A.: "Le problème de la conservation des matériaux des habitations et des Monuments"; Revue des Entrepreneurs de Belgique,
- (38) KNETSCH, G.: "Geological Considerations concerning the preservation of Egyptian Monuments, specially of Philae, Abu Simbel and Luxor"; Informe U.N.E.S.C.O., El Cairo, 1959.
- (39) LALLEMENT, R. et DERUELLE, S.: "Présence de lichens sur les Monuments en pierre: nuisance ou protection?"; Colloque International UNESCO-RILEM, 46. Paris, 1978.
- (40) LEWIN, S. Z.: "Recent experience with chemical techniques of stone preservation"; The Treatment of Stone, Bolonia, 1971.
- (41) LINKE, W. F.: "Solubilities of Inorganic and metal Organic compounds"; C. van Nostrand Co. Vol. 1, págs. 536-556, New York 1958
- (42) LÓPEZ OTERO, M.: "La técnica moderna en la Conservación de Monumentos"; Discurso de ingreso en la Academia de la Historia 3-1-1932. Madrid, 1932.
- (43) LUCKAT, S.: "Stone deterioration at the Cologne Cathedral due to air pollution"; The Conservation of Stone I. Bolonia, 1975.
- (44) MAMILLAN, M.: "La gélivité des matériaux"; Supplement aux Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et Travaux Publics, n.º 235-236, pág. 1.017, Paris, 1967.
- (45) MAMILLAN, M.: "Recherches récentes sur le nettoyage des façades en pierre calcaire"; Suppl aux Ann de l'Ins. Tech. Bat. et Trav. Publics, n.º 199-200, págs. 858-888, Paris 1964.
- (46) MASSARI, G.: "Risanamento igienico dei locali umidi"; Edt. Hoepli, 3.ª ed. 1967, Milano 1959.
- (47) MASSARI, G.: "Bâtiments humides et Insalubres: Pratique de leur assainissement"; Travaux et Publications du Centre de &ame, n.º X, Edt. Eyrolles, Paris 1971,
- (48) MOORE, W. J.: "Physical Chemistry", Prentice Hall, págs. 62-63, New York 1950.
- (49) MORA, P.: Triennial meeting 3th. Committee for Conservation, ICOM. Madrid, 1972,
- (50) MORARU, D.: "Méthodes électriques et électrocinétiques d'assèchement"; Conference Moisture, ICOMOS, pág. 99, Roma 1967.
- (51) MUNNIKENDAN, R. A.: "Further remarks on the impregnation of, porous materials with monomers"; Studies in Conservation, vol. 14, n.º 3, (1969), pág. 132, así como "Acrylic monomers systems for stone impregnation"; en ICC Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects, pág. 15, New York, 1970.
- (52) NADAILLAC, L.: "Conservation of Stone and other porous materials"; French Atomic Energy Commission, 3th ICOM-Conservation, Madrid, 1972.
- (53) NIESEL, K.: "L'évolution de l'essai de cristallisation"; Colloque International UNESCO-RILEM, pág. 7. Paris, 1978.
- (54) PHILLIPOT, P. et MORA, P.: "La Conservación de

Pinturas Murales"; UNESCO, Museos y Monumentos IX, págs. 181-182, París, 1969.

(55) PLENDERLEITH, H. J.: "La Conservación de Antigüedades y Obras de Arte"; ICCR. M.O Educación y Ciencia. Madrid, 1967.

(56) POCHON, J.: "Role des bacteries dans certaines altération des pierres des Monuments"; Chimie et Industrie, n.º 65, 1951, pág. 496.

(57) POCHON, J. et JATON, Ch.: "Facteurs biologiques d'altération des pierres: techniques d'étude"; ICOMOS, Colloques sur l'altération des materiaux pierreux, Bruselas, 1968.

(58) POCHON, J.: "Intervention bacterienne dans la dégradation des Tempes d' Angkor"; Comptes Rendues Acad. Sciences, 248, 1959, pág. 3.644.

(59) POCHON, J. et COPPIER, O.: "Role des bactéries sulfato-reductrices dans l'altération biologique des pierres des Monuments"; Comp. Rend. Acad. Sciences, 231, 1950, pág. 1.584.

(60) POCHON, J.: "Facteurs biologiques de l'altération des pierres"; ICOMOS, Colloque sur l'altération des materiaux pierreux, Bruselas 1966, pág. 99.

(61) RITCHIE, T. and PLEWES, W. G.: "Moisture penetration of masonry panels"; ASTM-Bulletin TP 183187, 1960, págs. 39-43.

(62) ROMANOVSKI, V.: "Etudes sur les pierres calcaires des Monuments"; Corrosion et Anticorrosion, vol. 3, 1955, pág. 191.

(63) ROMANOVSKI, V.: "Interet de l'étude du nanoclimat a la proximité des pierres en oeuvre"; Colloque International, La Rochelle, 1972.

(64) ROSSI-MANARESI, R.: The Conservation of stone I. Symposium International, Bologna, 1975.

(65) SANMARTIN ABELLEIRA, A.: "Tratamiento a la cera contra la descomposición de la piedra"; Simposio Internacional, págs. 201-207, Madrid, 1965.

(66) SCHAFFER, R. J.: "The effects of air pollution on building and stone works"; Thring, M. V. "Air Pollution", Butterworths Se. Pollution, pág. 71, Londres 1957.

(67) SCHATZ, A. & MARTIN, J. J.: "Destruction of bode and tooth by proteolysis-chelation"; Journal Dentist. vol. 30, págs. 124-134, New York 1960.

(68) SEIDEL, A.: "Solubilities of Inorganic and Metal-Organic compounds"; D. van Nostrand Co, Princeton 1940, 3.ª ed. vol. I, págs. 264-276.

(69) SERRA, M. & SARAGE, G.: "Study of the reactions between gazeous sulphur dioxyde and Calcium Capbonate"; Colloque International, UNESCO-RILEM, 3.7. París, 1978.

(70) SNEYERS, R. V.: "Les maladies des pierres de nos Monuments"; Weteuschappelijke Documentetie, Edt. P. F. Merckx, pág. 17, Bruselas, 1961.

(11) SNEYERS, R. V. and DE HENAU, P. J.: "The conser- vation of stone; UNESCO, Museos y Monumentos XI,

pág. 220, París 1968.

(72) STAMBOLOV, T.: "Effect of sulphur pollution on building materials"; HC London Conference on Mu- seum Climatology, pág. 22, fig. 3, 19in

(73) STAMBOLOV, T. & van ASPEREN DE BOER, R. J. R.: "The deterioration and conservation of porous buil- ding materials"; ICOM Comité para la Conservación, Amsterdam, 1969.

(74) STEPHEN, H. & STEPHEN, T.: "Solubilities of Inor- ganic Compound "Pergamon" Press 1963), Vol. I, parte 1ª, págs. 632 y 639-643.

(75) TAMMES, E. & Vos, B. H.: "Vosh in Bowcostructies"; Bouwcentrum Totterdam 1969, citado por Vos, B. H. (80).

(76) TARALON, J.: "Repports d'activités 1971-72 du Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques"; LRMH; Champs sur Marne, Paris, 1973. 37

(77) TEZUKA, Y.: "Development of vegetation in relation to soil formation in the volcanic island of Oshima"; Izu, Japan Journal of Botanic, vol. 17, págs, 371-402, Japan 1961.

(78) VARLAN, E.: "L'etancheité dans la construcción"; Edit. Eyrolles, París 1964.

(79) VOS, B. H.: "Characteristic higric properties of materials and their measurement"; Instituto TNO for Building Materials and Structures, Rijswijk, report B.I. 68/17/3pll. pág. 7, Holanda 1968.

(80) VOS, B. H.: "Hygric properties of materials"; Conferences on the weathering of Stone, págs. 50-68, Bruselas 1968.

(81) VOS, B. H.: "Suction of Graundwater"; Studies in Conservation, vol. 16, n.º 1, págs. 129-1454, 1971.

(82) WARNES, A. R.: "Building Stones, their Properties, Decay and Preservation"; Ernest Benn Ltd. Edit. Londres 1926.

(83) WILLIAMS, M. E. & RUDOLPH, E. D.: "The role of lichens and associated fungi in the chemical weathering of rock"; Mycología, vol. 66, 1974, págs. 648-660.

(84) WINKLER, E. M.: "Stone: Properties, Durability in Man's Environnement"; Sprínger-Verlag Wien-New York 1973. Simplificando los cuadros de las páginas 120 y 121.

(85) WINKLER, E. M.: "Decay of stone"; ICC Conference on Conservation of stone and wooden objects, vol. I, pág. 13, fig. 3. New York, 1970.

(86) WINKLER, E. M.: "Simple field determínation of stone coors"; Colloque International UNESCO-RILEM 3.9., París, 1978.

(87) WINKLER, E. M. and CLIFTON, J. R.: "Solvents for adobe and stone preservation"; Colloque International UNESCO-RILEM, 6.14. París 1978.

(88) WITTE, E. & MATHOT, M.: "The consolidation of tuff of Maastricht by radical polymerization of methacrylates"; Colloque International UNESCO-RILEM, 6.15., París, 1978.

## 2.3. Fábricas de piedra



En esta comunicación, nos limitaremos a examinar algunos aspectos tecnológicos relacionados con la heterogeneidad de las antiguas construcciones de piedra<sup>1</sup>,

### a) "Características técnicas" de la piedra

La aptitud de cada piedra para ser utilizada en funciones determinadas, es un concepto clásico poco respetado en las intervenciones modernas. Por ejemplo, en la Catedral de León, la distribución original de los materiales contrasta fuertemente con la de las restauraciones del siglo pasado:

en el Pórtico occidental y en la Torre Norte que están mejor conservados, se aprecia que toda la obra de elevación está hecha con caliza tosca del país (posiblemente revocada), las bóvedas son de piedra toba que es poco pesada y queda protegida por la cubierta, los zócalos son de caliza dura y compacta (quizás de Villalbal) resistente al roce y a la humedad, mientras que la talla de molduras y esculturas se resolvió con la martelilla de Boñar que es una fina dolomita fácil de trabajar y con poca veta que se protegía en superficie con pinturas, dorados y otros productos. Las restauraciones del XIX se caracterizan por el empleo uniforme de la caliza de Hontoria o de la dolomita de Boñar, sin recoger los principios funcionales, estéticos y tecnológicos que inspiraban la selección original de los materiales.

Esta labor de selección y revisión de las piedras elaboradas<sup>2</sup> correspondía antes a expertos cuyos métodos de conocimiento no sabemos utilizar ya con la necesaria eficacia. Por esto, para valorar las características generales de las canteras y la aptitud de utilización de sus materiales en exteriores (cornisas, zócalos, orientaciones a lluvias dominantes, etc...) los especialistas han seleccionado unos pocos parámetros que, de forma sencilla y relativamente económica, nos ofrecen resultados útiles.

El Instituto Geológico y Minero de España ha publicado los Inventarios de piedras ornamentales de España, Granitos (1986), Mármoles (1986) y Pizarras (1987), utilizando tres modelos de fichas relativamente parecidas, una de las cuales mostramos en la figura 1. Pero carecemos de inventarios similares para las calizas y areniscas utilizadas como materiales de construcción y, según nuestras noticias, no parece que vayan a realizarse a corto plazo.

# GRIS AVILA

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS (FÍSICO RECOMMENDED PROPERTIES)

Modulo de elasticidad (Young's Modulus)	132 GPa
Coefficiente de dilatación térmica (Coefficient of Thermal Expansion)	7.75 10 <sup>-6</sup>
Resistencia a compresión (Compressive Strength)	140 MPa
Resistencia a tracción (Tensile Strength)	10.0 MPa
Resistencia a flexión (Flexural Strength)	11.0 MPa
Resistencia al impacto (Impact Strength)	65 J/m <sup>2</sup>
Modulo de elasticidad (Young's Modulus)	132 GPa
Coefficiente de dilatación térmica (Coefficient of Thermal Expansion)	7.75 10 <sup>-6</sup>
Resistencia a compresión (Compressive Strength)	140 MPa
Resistencia a tracción (Tensile Strength)	10.0 MPa
Resistencia a flexión (Flexural Strength)	11.0 MPa
Resistencia al impacto (Impact Strength)	65 J/m <sup>2</sup>

#### LOCALIZACIÓN

ESPAÑA  
AVILA

PROYECTO DE OBRAS  
CARRILLO, PIEDRA BLANCA

#### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Granito gris claro, granular, de grano medio (1.5-3 mm), compuesto por cuarzo, feldespato y mica.

#### CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOITACIÓN

Resistencia a compresión de 140 MPa, resistencia a tracción de 10 MPa. Tamaño de grano: 1.5-3 mm.

#### LOCALIZATION

SPAIN  
AVILA

PROJECT  
CARRILLO, PIEDRA BLANCA

#### MACROSCOPIC DESCRIPTION

Light grey rock containing medium grained quartz, feldspar and mica.

#### GENERAL DESCRIPTION OF THE QUARRY

Medium grained light grey rock containing quartz, feldspar and mica. Average modulus

### GRANITOS DE ESPAÑA CASTILLA - LEÓN



#### FOTOMICROSCÓPICO

##### COMPOSICIÓN MINERAL

Composición mineral: Cuarzo, feldespato, mica y mica, y minerales secundarios.

Composición secundaria: Feldespato, mica y mica, y minerales secundarios.

Composición mineral: Cuarzo, feldespato, mica y mica.

##### TEXTURA

Granular homogénea

##### ALTERACIÓN

De baja a media alteración de feldespato y mica, y minerales secundarios.

##### TAMAÑO DE GRANO

El tamaño de grano medio es de 1.5-3 mm.

##### OBSERVACIONES

Este es un granito gris claro, granular, de grano medio (1.5-3 mm), compuesto por cuarzo, feldespato y mica. El tamaño de grano medio es de 1.5-3 mm.

#### MICROSCOPIC VIEW

##### MINERAL COMPOSITION

Mineral composition: Quartz, feldspar, mica and mica, and secondary minerals.

Secondary composition: Feldspar, mica and mica, and secondary minerals.

Mineral composition: Quartz, feldspar, mica and mica.

##### TEXTURE

Homogeneous granular

##### ALTERATION

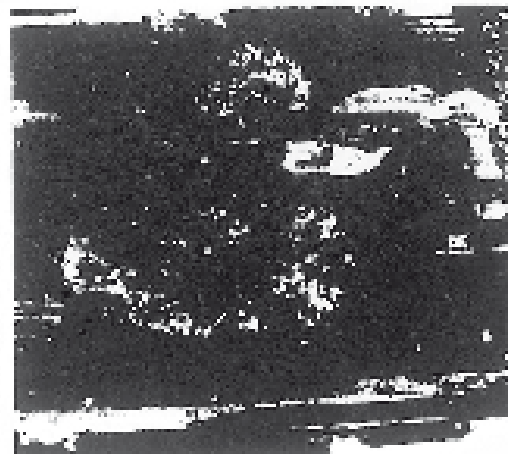
Low to medium alteration of feldspar and mica, and secondary minerals.

##### GRAIN SIZE

The average grain size is 1.5-3 mm.

##### COMMENTS

This is a light grey granular medium grained rock composed of quartz, feldspar and mica. The average grain size is 1.5-3 mm.



Mineral composition - 40x magnification - 0.1 mm scale

CLASIFICACIÓN:  
GRANITO DE  
DOS MICAS

CLASSIFICATION:  
TWO MICAS GRANITE

Composición vertical de la ficha "Granitos de España" del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1986.



Al revisar nuevamente los distintos modelos de fichas propuestas por los especialistas<sup>3</sup>, volvemos a insistir en los de Camerman<sup>4</sup>, Mamillan<sup>5</sup> y, preferentemente, en el realizado en 1968 por el Comité Piedra y Mármol del CSTC de Bélgica<sup>6</sup>, que reproducimos en la figura 2, por las ventajas que representan, tanto la clasificación respecto a la escala teórica AFNOR de durezas tipo, como los resultados de la porosimetría con Mercurio para determinar el diámetro de los poros correspondientes al 10% de Po, principalmente.

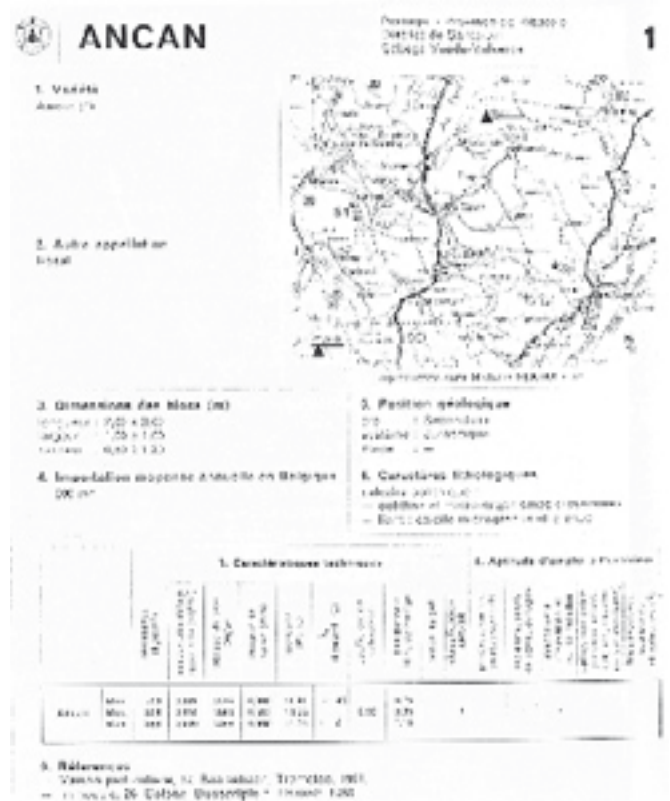
A esta necesaria labor se debieran dedicar los medios económicos necesarios, puesto que los especialistas y el equipamiento están disponibles. Los restauradores con los escasos recursos que para estos fines tenemos, sólo hemos podido elaborar las fichas técnicas de algunos pocos tipos de piedra tales como Boñar, Sepúlveda, la caliza oquerosa del Páramo de Palacios del Alcor y poco más<sup>7</sup>. Por eso, aunque consideramos útil como objeto científico esas voluminosas publicaciones universitarias relacionadas con las piedras de nuestros Monumentos, no es menos cierto que, de entre todas ellas, no podemos entresacar los pocos y esenciales datos de las fichas aludidas, por lo que, sería importante que los investigadores de la Cátedra de Petrología de Oviedo, por ejemplo, lo incluyeran en los programas de investigación que realizan sobre la Catedral con importantes financiaciones de la Comisión Asesora de Investigación (Proyectos 4446/79 y 2573/83), Fundación Arces, Instituto de Conservación Paul Getty de USA, principalmente.

b) Estados de superficie

La estructura de cualquier obra antigua, incluida la arquitectura, tenía en cuenta tres áreas esenciales: un soporte, con funciones mecánicas y para determinar las formas generales, constituido normalmente por un material poco costoso, el cual se enriquecerá

por adición de otros materiales más nobles con los que resolver los diferentes planos mediante modelados, texturas y tratamientos de superficie a base de pinturas, dorados, barnices, etc. Las modificaciones introducidas en el curso de su envejecimiento hacen que estas “patinas”, en lo relativo a su conocimiento y a los tratamientos de limpieza que reciben, sean un tema de preocupación para los responsables de las intervenciones.

Es evidente que los materiales de construcción reciben acabados de superficie. Las normas generales recogidas por Vitrubio<sup>8</sup> para estucos con mezcla de aceite o no, pinturas, etc..., y las descripciones de los procedimientos picóricos empleados para esculturas, escudos, etc... recogidos por Cennino Cennini<sup>9</sup>, Theophilus<sup>10</sup>, Pacheco<sup>11</sup>, etc..., y modernamente por Doerner o por Warland<sup>12</sup>



Centre Scientifique et Technique de la Construction, “Pierres blanches naturelles”, Note d’Information Technique “ n.º 80, BruxeHeS, 1970. (Ejemplo de la ficha n.º 1).

entre otros, se presentan como cuestiones a redescubrir para quienes no han estudiado con suficiente profundidad las tecnologías antiguas.

Esto ayuda a la enorme masacre de recubrimientos internos y externos en Iglesias y Monumentos civiles, bajo la moda del gusto por los materiales vistos, sacrificando la historia y sus testimonios materiales ante principios de renovación del aspecto derivados de aspectos culturales o políticos. En esa línea resulta frecuente que la piqueta y el petrógrafo pasen delante del restaurador y del arqueólogo, y hemos de convenir en que ya son pocas las Iglesias que conservan en su interior alguna piedra cubierta aún por aquellas pinturas y dorados dominantes hasta hace poco, mostrando sus toscas piedras descarnadas en capucherías y paramentos (que deben ser tratadas con productos modernos para evitar que se desagreguen).

En los recubrimientos exteriores, Baldi, Cordaro y Mora <sup>13</sup> plantean el problema con crudeza pensando en que, por la naturaleza misma de su función, han de ser considerados como "una piel a sacrificar" que recibe los ataques de la alteración y que van a ser rehechos antes o después porque representan un valor estético vinculado estrechamente al concepto arquitectónico que los personaliza fuertemente. Además, estas patinas se suelen también leer, desvirtuándolas, como "procesos naturales de cromatización" o "depósitos de la contaminación atmosférica" y, por esto, habrá que volver a explicar que los recubrimientos son normales en la arquitectura antigua e, incluso no pueden ser considerados únicamente como un efecto decorativo superficial, sino más bien como el resultado de una elección consciente para acentuar con su variedad las diferencias de relieve en los miembros arquitectónicos, contribuyendo así a determinar los diferentes planos de la especialidad de la obra. Además, suelen cumplir una excelente función protectora de los

materiales subyacentes y, por eso, en términos sencillos se dice que se aplicaron y se aplican corrientemente para "realzar y proteger".

No podemos olvidar que se sigue interviniendo en interiores y exteriores con piquetas,



Restos de policromía en el Pórtico Occidental de la Catedral de León, de diferentes colores. Es el resultado de las intervenciones con cepillos de acero para sanear la piedra.

Bajo la policromía, la superficie de la piedra aparece impregnada con una sustancia proteica, muy probablemente la emulsión de huevo y cola que indica Cennini, y que también se detecta en molduras y otros elementos monocromos de esta Catedral y de otras de España.

cepillos de acero, chorro de arena, productos químicos enérgicos, etc... buscando deliberadamente quitar de las paredes y fachadas cuantos productos tapan “el material”, y que en muy pocos casos se han proyectado<sup>14</sup> líneas de intervención para conocerlos y para conservados, con lo que, las patinas están relegadas a un nivel de curiosidad tecnológica en microespecímenes microfotografiados y microanalizados como los que se muestran en las ilustraciones adjuntas.

Por otra parte, la posibilidad de examinar los morteros utilizados antiguamente, también desaparece durante las operaciones de llagueado y retacado de juntas, habiendo llamado la atención sobre este asunto el ICCROM durante el Symposium de 1981 en Roma<sup>15</sup>. A los aglutinantes fundamentales de Jas mezclas antiguas (cal, yeso y arcilla) se agregaban frecuentemente otras sustancias tales como albúmina de huevo, caseína de leche, sangre, azúcar, etc... para endurecer, impermeabilizar, retardar o acelerar el fraguado, etc..., habiendo recogido Sickels<sup>16</sup> el empleo de 41 sustancias orgánicas entre los años 150 a. J. C y 1850. Partiendo de la base del interés que los arqueólogos demuestran por la interpretación analítica de los restos de morteros antiguos, y las conclusiones cronológicas que en ocasiones permiten establecer, Jedrzejewska<sup>17</sup> ha buscado en ellos un criterio para una metodología de trabajo, pero otros investigadores como Frizot<sup>18</sup> aprecian graves dificultades en la interpretación científica de los resultados diciendo que, por ejemplo, en los enlucidos, no es posible encontrar las siete capas que indica Vitrubio, sino más bien las dos o tres normales al bien hacer de los artesanos. En esta polémica, nuestra opinión personal es que tenemos las ideas muy claras sobre la transición en las preparación con dos y tres capas, distinguiendo la preparación propiamente dicha de las imprimaciones, estucos, pinturas, etc..., que se sobreponen con el número de capas que cada cosa requiera

según su fin y la escuela del que lo hizo: las preparaciones de tres capas aparecen en Flandes en el siglo XV y mucho desearíamos conocer si existe algún caso anterior. Los morteros de juntas y algunos materiales concretos son útiles para la cronología: en la Catedral de León, en obras de distintas épocas aparecen: a) arena gruesa, b) arena fina, c) fragmentos de teja, d) fragmentos de pizarra, e) juntas de plomo, f) morteros con Portland y g) morteros con resinas sintéticas, que ayudan a identificar determinadas intervenciones.

### c) Procedimientos de limpieza

Los materiales pétreos se ensucian principalmente por la acción de los contaminantes atmosféricos de las zonas urbanas e industriales y, en nuestros días, los tratamientos de limpieza adquieren proporciones importantes. Los distintos procedimientos industriales en uso, tienden a liberar la superficie de todas las sustancias adheridas a la piedra y, cuando se aplican a los monumentos hace que desaparezca la superficie original que constituye el elemento más destacado de su significación histórica. Por esto, muchos monumentos están siendo alterados más o menos intensamente.

Desde el punto de vista de la conservación, el ICOM-63<sup>19</sup> dejó claramente establecido que (... mantenerla limpia es, no sólo una necesidad estética sino, sobre todo, una condición técnica de conservación de los materiales pues retarda los procesos de alteración. La eficacia de la limpieza sólo es real cuando se aplica a tiempo, antes de que el ataque sea profundo y se debe repetir periódicamente 10 que acentúa la importante noción del cuidado periódico de los monumentos”.

La Carta del Restauo de 1972<sup>20</sup> especifica en el punto B-12 relativo a las “...instrucciones para la actuación de los restauradores de arquitectura... La patina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas y aún técnicas, por cuanto desem-

peña generalmente una función protectora, como demuestra el que la corrosión suele comenzar en las lagunas de la patina. Se puede eliminar la materia acumulada sobre la piedra (detritus, polvo, hollín, excrementos de palomas, etc...) usando solamente cepillos vegetales o chorro de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas y, en general, debe excluirse todo chorro a elevada presión ya sea arena natural, agua o vapor, desaconsejándose el lavado de cualquier tipo”.

En su capítulo XXIV sobre limpieza de monumentos, el profesor Fielden<sup>21</sup> insiste en que “... En todas las operaciones de limpieza, la superficie original de la piedra debe ser respetada junto con su pátina de edad”.

También resulta evidente, por constituir la primera regla de toda intervención, que antes de iniciarse la limpieza propiamente dicha, debe controlarse minuciosamente la estabilidad de la capa superficial, procediendo a la fijación de las zonas en peligro de desprendimiento ya sean fragmentos de soporte o de la película de superficie.

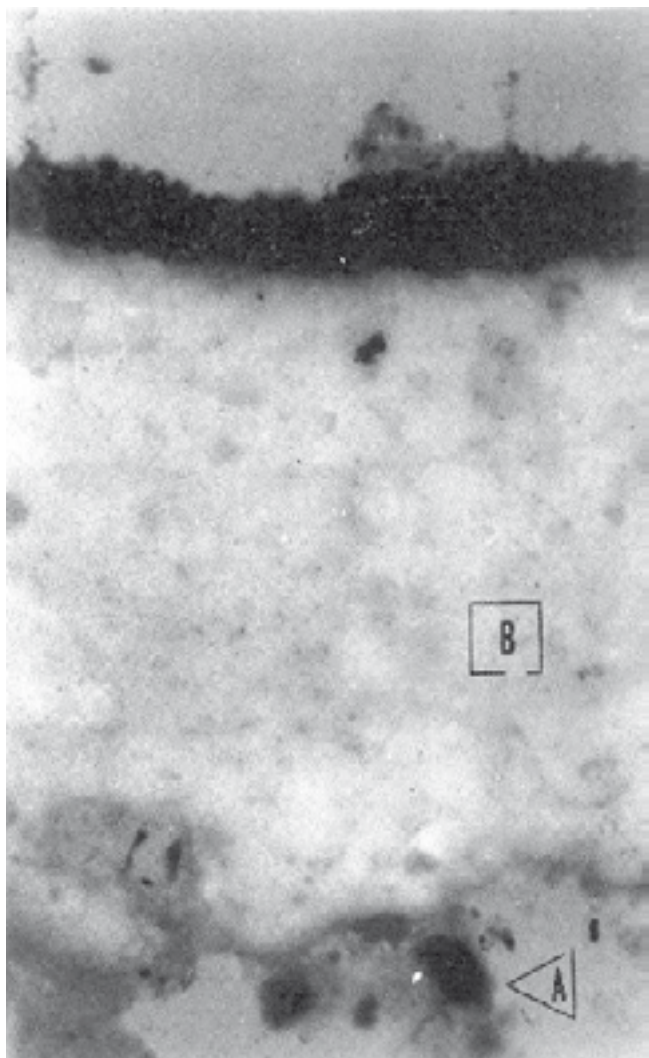
Insistiendo en la devaluada línea de dar recetas, Rossi-Doria, Tabasso y Torraca<sup>22</sup> dan listas de los sistemas “que pueden recomendarse” y de los “que no pueden ser recomendados”; En nuestra opinión, la limpieza tiene como fin hacer legible la superficie para restituirle su significado y es siempre una operación delicada porque es irreversible; si bien el principio de la operación es sencillo, es a menudo difícil de realizar ya que el estado que se procura alcanzar con la intervención, depende, en gran medida, de los mensajes de que es portador (como elementos esenciales que han de ser protegidos) que son de muy diversa índole y, a veces, poco perceptibles a simple vista, por lo que un tratamiento imprudente puede destruirlos. Por esta razón, más allá de las definiciones de métodos procedentes o no, lo que realmente importa es saber el estado de superficie que se quiere alcanzar,

y llevarlo a efecto con los métodos adecuados. De esta forma, si hemos de descarnar la piedra actuaremos con unos recursos, pero si lo que se quiere es proteger el monumento, hemos de convenir en que la limpieza sólo puede encomendarse a quienes comprendan la naturaleza de los mensajes de que es portador, puesto que no existen métodos ni productos que resuelvan por sí mismos la falta de criterio de un operador poco o mal instruido en las técnicas de restauración. Y, por esto, se puede decir, que actualmente se abre una inquietante interrogación para cada monumento sometido a procesos de limpieza.

#### d) Trastornos estructurales

Los muros de nuestros monumentos son siempre construcciones a dos caras unidas por material de relleno y, a veces, acusan en la sillería desajustes estructurales atribuidos a diferentes causas, tales como: empujes mal compensados de cubiertas y forjados, trastornos en las zonas bajas por reasentamientos durante la sustitución de zócalos erosionados por la humedad, apertura de zanjas para instalaciones municipales, cimentación sobre arcillas sometidas a oscilaciones del nivel freático, etcétera.

En la mitad norte de Castilla-León, la actividad sísmica se considera normalmente de poca importancia y no suele incluirse en los diagnósticos. Pero si solicitamos al banco de datos sísmicos del Instituto Geográfico Nacional los terremotos registrados con epicentro en esa zona (3° W-7° W y 41° 30' -43° 15')<sup>23</sup>, nos suministran un listado de 40 terremotos ocurridos entre los años 1347 y 1986, trece de los cuales han tenido intensidades altas comprendidas entre V y VIII de la escala M.S.K. Además, como señala Galbis<sup>24</sup> esa zona se ha visto también afectada por otros importantes seismos con epicentro fuera de la región, tales como los grandes terremotos de Lisboa de 26 de enero de 1531 y de 1 de



Sección transversal en lámina delgada (400 X) del color rojo en la fig. anterior.

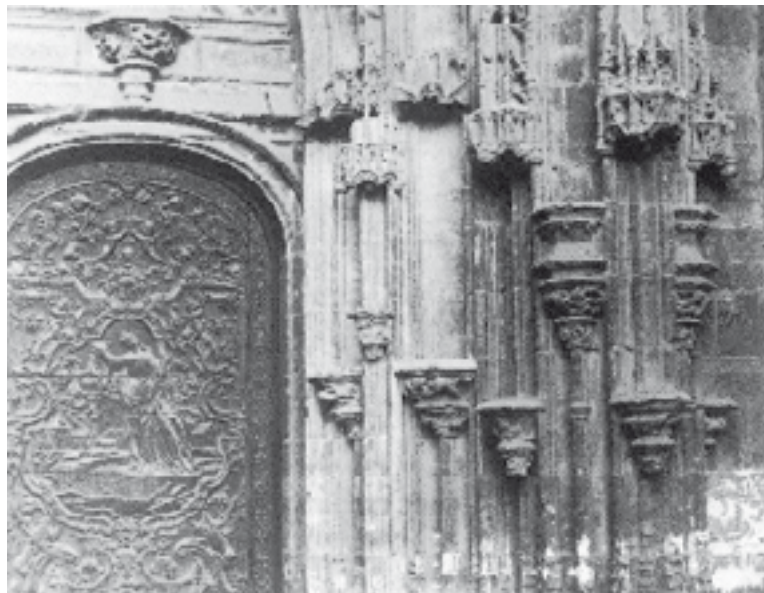
A. Tempera de huevo

B. Preparación de yeso y temple de huevo. (Por Difracción de Rayos X, Yeso ( $\text{SO}_4\text{Ca}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) = 90% Cuarzo = 9%.

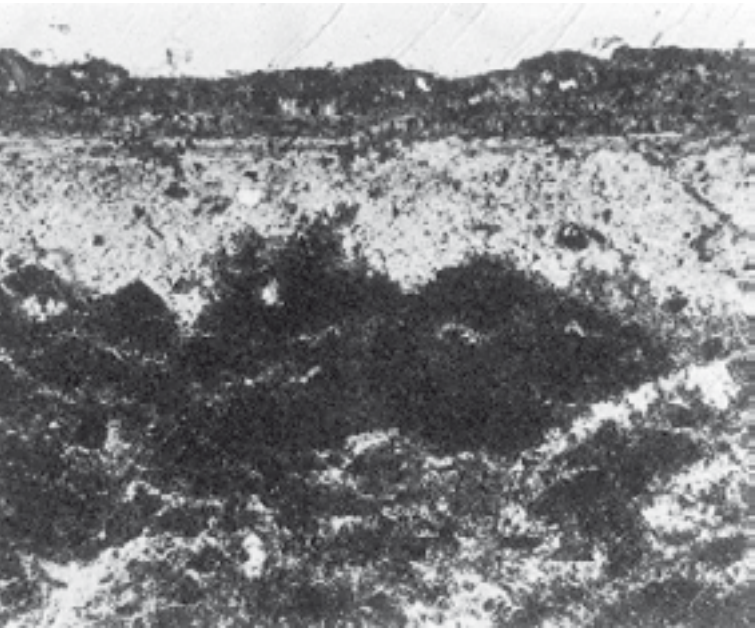
C. Bermellón artificial con temple de huevo. (Cabrera, J. M. "Sobre algunas particularidades tecnológicas de la escultura lítica exenta de la Catedral de León", en Symposium Interamericano de Conservación del Patrimonio Artístico. Ponencia General. ICOMOS. México 1979, p.33.



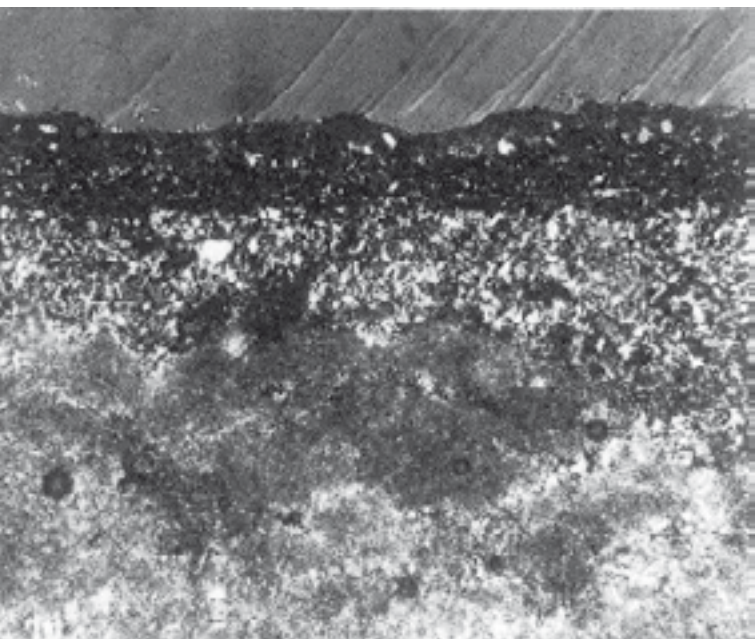
Catedral de Palencia. Portada del Obispo. Detalle de la labra mostrando los restos del enyesado sobre la piedra, teñido en ocre, en contraste con la policromía de las figuras exentas. Al igual que en la catedral de León, es un temple de huevo aglutinando, una mezcla de yeso y arena en la proporción 9 : 1, aproximadamente.



Cata de limpieza en el Pórtico de la Catedral de Oviedo, mostrando el tratamiento monocromo ocre de la dolomía de Laspra que es muy blanca.



Sección transversal en lámina delgada (400 X) de la fig. anterior mostrando la capa de enyesado y superficie sucia. NICOLES PARALELOS.



NICOLES CRUZADOS

noviembre de 1755 así como el de Burgos de 1642 y otros.

Del terremoto de Lisboa de I-XI-1755, el mapa de isosistas<sup>25</sup> indica que afectó a la zona con intensidad IV a V de la escala M.S.K., por lo que resulta interesante la lectura de algunos de los informes recogidos por la Academia de la Historia<sup>26</sup>; mientras que de Astorga relata como a las 10 de la mañana de ese día se produjeron importantísimos daños en la Catedral, que describe pormenorizadamente con hundimiento de bóvedas, desplome de lienzos, pináculos y corredores, grietas en la torre, etc.; de León nos dice que<sup>27</sup> no se produjo ningún daño en edificios ni personas, ni tampoco pasó nada con el que se registró el día anterior que hizo “..dar 6 ó 7 golpes a una campana de la Catedral llamada la María”, aunque, como sabemos, los arquitectos restauradores del XIX atribuyeron al seismo la grieta de la Torre Sur.

Es bien conocido que, aun supuesto un foco no puntual, la distribución del daño viene condicionada, además de por la distancia al mismo, por las características del subsuelo próximo, la inclinación de terreno, etc..., aunque, en muchos casos, esta sencilla explicación no es suficiente porque lo que también se produce durante las fuertes oscilaciones de los monumentos de gran altura es, una fatiga por compresión de los chapados pétreos, que puede traducirse posteriormente en dislocaciones, fracturas, erosiones, etc., al incidir factores secundarios relacionados con el agua, contaminación, etcétera.

También cabe notar que, desde 1966 no se ha detectado en esa zona ningún sismo con intensidad destacable y, quizás por ello, no conocemos aún las repercusiones de algunas modificaciones irreversibles introducidas en estructuras de monumentos que pueden tener reflejo en su comportamiento sismorresistente, por haber cargado la parte superior con pesados armazones de hormigón o rigidizar con cemento inyectado

organizaciones más articuladas o flexibles. etcétera.

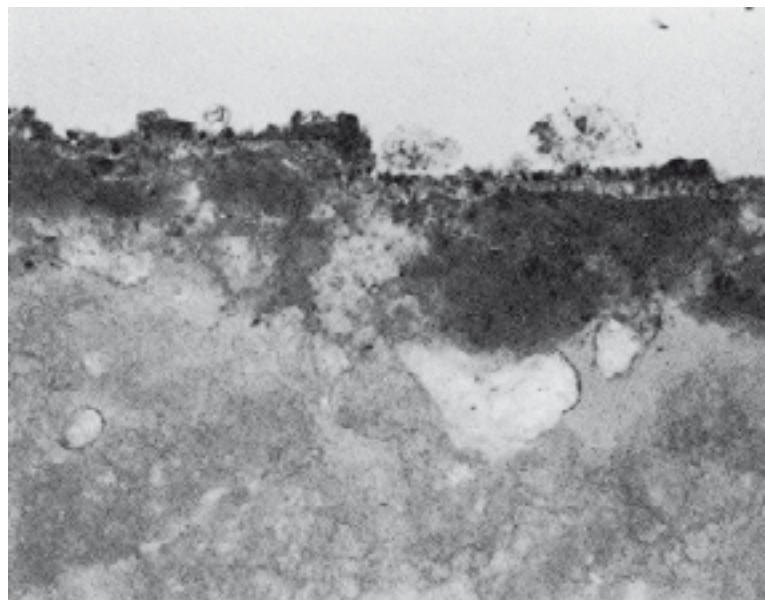
Por esto, aunque el mapa de riesgo sísmico sitúa la zona norte de Castilla-León en intensidades IV a V de la escala M.S.K., debemos contar con el hecho de que, en vida de nuestros monumentos se han registrado intensidades peligrosas, por lo que el riesgo sísmico ha de tenerse en cuenta.

#### e) Consolidación y protección

Para consolidar y proteger la superficie de los monumentos, se han aplicado multitud de productos orgánicos e inorgánicos que, en atmósferas húmedas son poco útiles, pero que en climas secos pueden suministrar resultados excelentes. Aparte de los problemas intrínsecos a la naturaleza misma del producto consolidante, la dificultad mayor, según Warnes<sup>28</sup> y Sneyers<sup>29</sup> deriva de la insuficiente penetración de los productos en el material pétreo poroso.

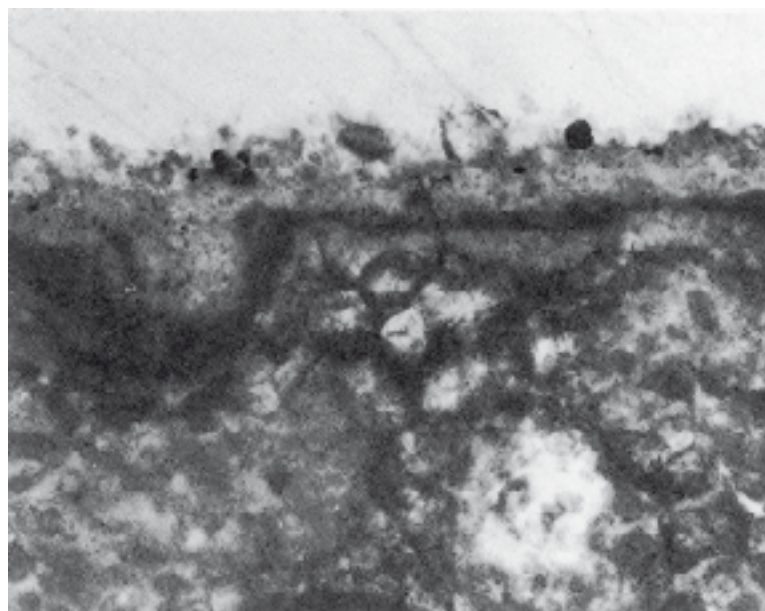
Para la protección de superficies se ha intentado la aplicación de capas adhesivas a base de aceite de lino cocido (como sigue haciéndose en Santillana del Mar, por ejemplo), de resinas naturales, lechada de cal, silicatos alcalinos, fluosilicatos, fluoruros, siliconas, disoluciones de sales de bario, etc., y la consolidación de materiales disgregados se ha intentado igualmente por impregnación con disoluciones reales o coloidales de la mayor parte de los productos citados y también de ceras, parafinas, caseína, albúmina de huevo, cola espesada con alambre o taninos, jabones metálicos como los estearatos de aluminio y zinc (método Sylvester), esterres silícicos, resinas acrílicas, epoxídicas, etcétera.

La aplicación periódica de productos naturales, ha sido el sistema de mantenimiento utilizado probablemente en la antigüedad y, por ejemplo, Vitrubios nos dice cómo "mezclando a la cal heces de aceite, al endurecerse, no permite que el agua ni otra clase de humedad penetre" y sigue diciendo que "...

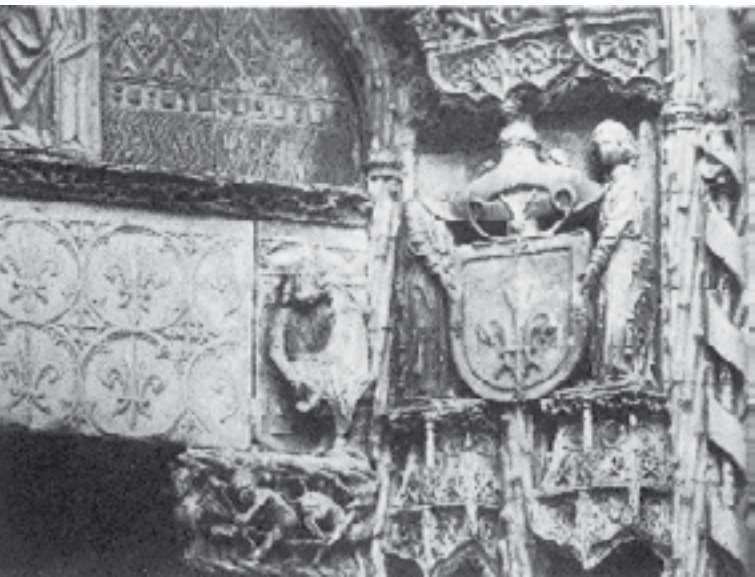


Catedral de Burgos. Portada del Sarmental. Sección transversal en lámina delgada (400 X) mostrando el tratamiento monocromo de la superficie con yeso y ocre con temple de huevo, sobre la caliza blanca de Hontoria.

Igual estado de superficie aparece en Coronera y Pellejería, entre otros sitios.



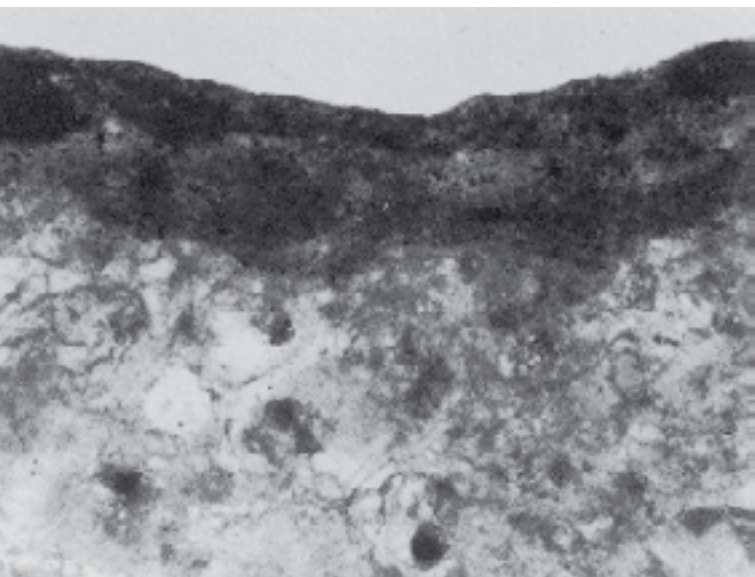
Catedral de Palma de Mallorca. Portal del Mirador. Sección transversal en lámina delgada (400 X) mostrando el tratamiento monocromo de la superficie, con yeso y ocre templado con huevo en dos capas de diferente intensidad, sobre la caliza muy blanca de Santanyi.



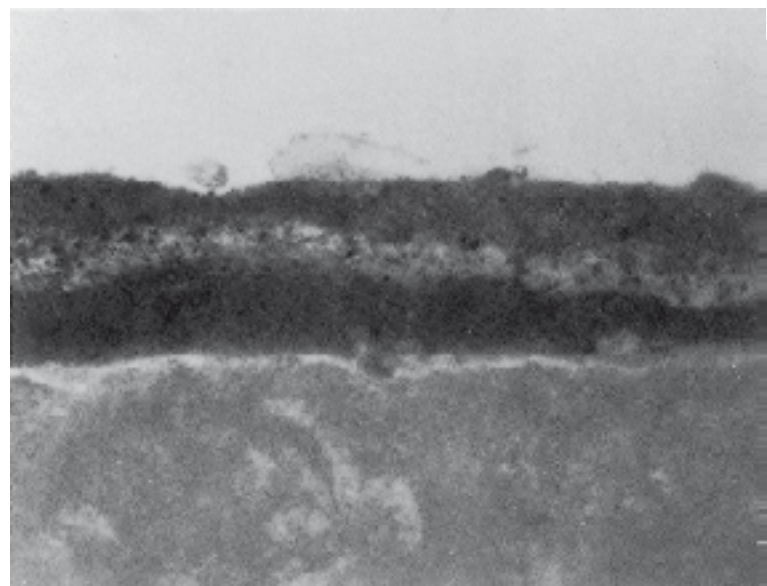
San Gregorio de Valladolid después de la limpieza, mostrando la pátina rojiza sobre la caliza blanca de Campaspero y sobre el granito del dintel, cuidadosamente conservada durante la intervención (restaurador D. Jesús de Miguel Rojo).

a fin de que el mortero no padezca con las heladas, se deberá reparar todos los años antes del invierno, cubriendo con heces de aceite la cal". Cennino Cennini<sup>9</sup> aplicaba cola caliente, aceite y cola mezclada con huevo. Rudel<sup>30</sup> propone la mezcla de caseína de leche con cola y, Petresco<sup>31</sup> una emulsión de potasa, cera, resina Dammar y amoníaco, en la línea de lo que pudo ser la técnica pompeyana de la encáustica emulsionando con cenizas de plantas la cera de abejas y el agua. Por su parte, Doerner, también señala el empleo de cola insolubilizada con alumbre o con taninos.

A partir de 1850, en Inglaterra y Alemania se producen gran cantidad de productos destinados al tratamiento de las piedras, que en muchos casos tuvieron efectos muy perjudiciales por tratarse de silicatos de sodio y de potasio (vidrio soluble) que dejaban gran cantidad de sales alcalinas, lo que llevó al rechazo de los tratamientos, también por el uso masivo de la sosa cáustica para la limpieza de fachadas. Lewin<sup>32</sup> ha recogido las patentes inglesas entre 1839 y 1965.

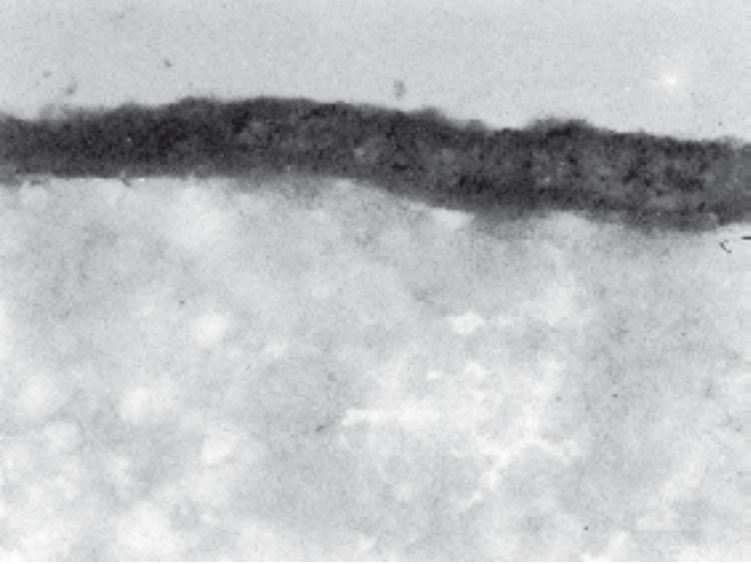


Sección transversal en lámina delgada (400 X) de la pátina anterior sobre la caliza, mostrando un tratamiento monocromo, yeso y ocre con temple de huevo, en dos capas de diferente intensidad. La superficie se muestra oscurecida por un repinte, fruto sin duda de una intervención posterior.

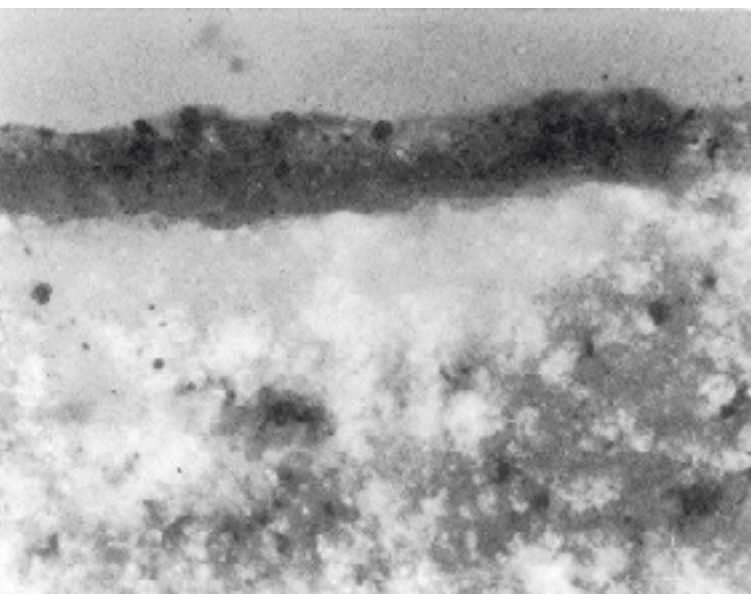


Portada de S. Pablo (Valladolid). Sección transversal en lámina delgada (400 X) mostrando un tratamiento de superficie igual que el de S. Gregorio, evidenciándose más nítidamente el repinte de superficie. Muestra tomada antes de la limpieza de 1985.

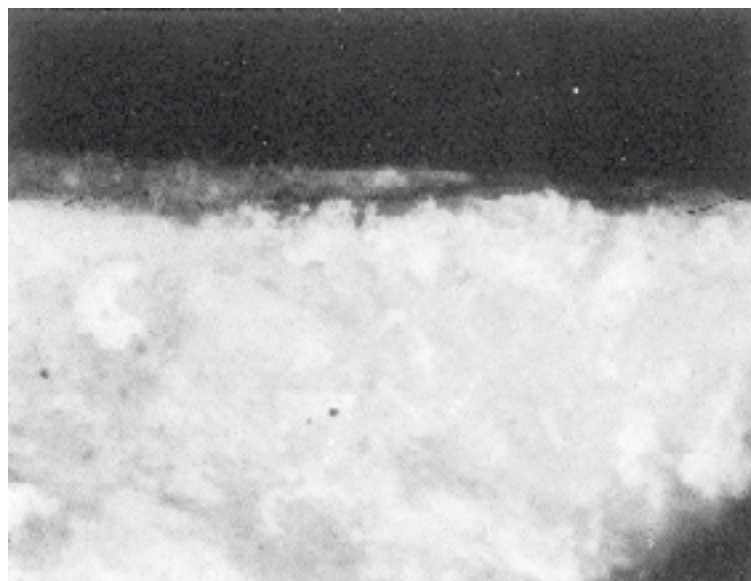




Sección transversal en lámina delgada (400 X) de la pátina de la figura anterior. mostrando el tratamiento. en dos capas superpuestas. a base de yeso y ocre ligados con temple de huevo.

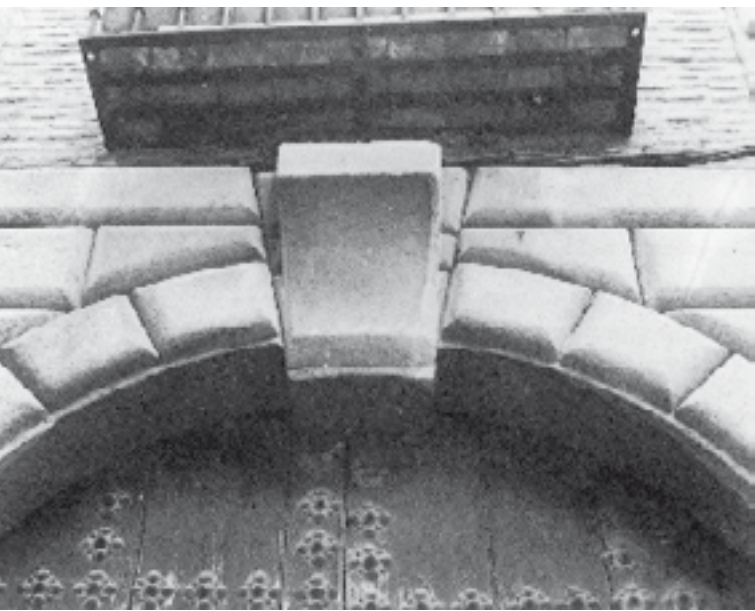


Palacio de los Guzmanes. León (Patio) (Antepechos). Sección transversal en lámina delgada (400 X) de la pátina rojiza de los relieves del patio, tallados en martelilla de Boñar. La pátina está formada por Sulfatos (¿yeso?) y ocre aglutinados por un medio de naturaleza proteica, dominando el componente oleaginoso (¿huevo más aceite?).



San Martín de Fromista. Detalle de un canecillo del ábside. Se aprecian los injertos antiguos de trozos de piedra en la nariz y en el pómulos izquierdo, así como el tratamiento de superficie, de color ocre, que ocultaba posiblemente los bordes de los injertos.

Palacio de Dueñas. Medina del Campo (Patio). (Escudo en pechina). Sección transversal en lámina delgada (400 X) de la pátina en el borde de un tono más rojo, mostrando el color rojo formado con ocre rojo y temple de huevo, y el color más amarillo de las pátinas de superficie a base de yeso, ocre y temple de huevo, que aparecen como restos en balaustres, columnas, etc.



Palacio de Mesa (Toledo). Portada de granito mostrando restos de los tratamientos de superficie en la zona protegida por el balcón. Se trata de una pintura de yeso y ocre con temple de huevo y se encuentran restos similares en numerosas portadas similares de Toledo.



San Pedro Mártir (Toledo). Detalle de la fábrica de ladrillo con encintados de mortero de cal y arena. Se pinta en rojo (alrnagra con temple de huevo) el casetón de ladrillo y los taludes internos del encintado. El frente del encintado se pinta con ocre y temple de huevo. Este tipo de encintados abunda en Toledo, Alcalá de Henares y otras localidades de la Diócesis, en edificios religiosos y civiles del siglo XVII, y poco tienen en común con las toscas fábricas de ladrillo impuestas por los restauradores en estas ciudades.

Pero, de forma general, el problema radica según Van Asperen de Boer y Stambolov<sup>33</sup>, en que cuando estas soluciones penetran en el material, deben reaccionar con otros agentes introducidos más tarde o perder por evaporación el disolvente; así, las soluciones reales tienden a depositarse en el frente de evaporación y las dispersiones coloidales tienden a romperse inmediatamente después que la fase sólida se pone en contacto con las paredes de los poros o con contaminantes electrolíticos capaces de provocar la floculación. Por esto, en ambos casos lo que se logra es la consolidación de la superficie del cuerpo poroso, que puede ser perjudicial si el material contiene humedad que deba evaporarse a través de esta superficie, pero que procura una protección en climas secos o en áreas resguardadas de la humedad. Implica esto que, sobre los materiales húmedos, o en país húmedo, o en zonas sometidas a movimientos unidireccionales de humedad de dentro a fuera, no pueden aplicarse en modo alguno, revestimientos que impermeabilicen el material pétreo poroso, pero esto mismo no puede decirse para materiales secos situados en zonas geográficas de poca pluviometría o lluvias intensas de poca duración, en donde los tratamientos originales en exteriores han cumplido una eficaz y duradera función protectora.

Entre los productos modernos propuestos y utilizados para el tratamiento de los monumentos, cabe señalar los siguientes que están siendo utilizados actualmente en intervenciones en Castilla-León: siliconas, esteres silícicos, ácido fluosilícico y fluosilicatos, ceras, resinas acrílicas.

Las siliconas utilizadas en construcción, hacen hidrofobas las superficies tratadas, siendo permeables al vapor de agua y a los gases. Son de dos tipos especialmente, las resinas de silicona con grupos hidróxilo y alkóxilo que se aplican en disolución en disolventes orgánicos, y las disoluciones en

agua de siliconato de sodio. Las primeras actúan por hidrólisis atmosférica del grupo reactivo y condensación de alguno de los productos intermedios de la reacción, con lo que la resina reacciona entonces, bien sea con los grupos hidróxil o del material pétreo poroso o con el agua absorbida sobre la superficie mineral, conduciendo a una unión de valencia primaria entre la resina y la piedra. En las disoluciones acuosas de siliconato sódico, la hidrólisis de esta sal provoca una ligazón entre el siliconato y la superficie mineral. En ambos casos, por evaporación se forma siempre una película de silicona que repele el agua.

La permeabilidad de las películas de silicona al vapor de agua y su carácter de inercia química permiten aceptar que, en condiciones normales, la protección que suministran puede durar bastante tiempo, aunque esto depende fundamentalmente del tipo de contaminación de la atmósfera local: como las siliconas son muy sensibles al agua con reacción alcalina, en paredes expuestas a este tipo de influencia (frente al mar, industrias químicas, etc.) pierden su eficacia en unos dos años, mientras que en los paramentos protegidos de este tipo de influencias siguen siendo eficaces después de transcurrir 10 años.

La polimerización de las resinas siliconas por ligazón entre grupos hidróxilos libres, produciendo enlaces cruzados con puentes de oxígeno puede inducirse con temperatura o catalizadores de aminas terciarias. Cuando se une al silicato un grupo etilo en lugar del metilo en la cadena de siloxano, se obtiene un producto más blando, más soluble y de endurecimiento más lento. Por enlace de los grupos alkilo y fenilo al mismo átomo de silicio, se consiguen resinas con ventajosas propiedades intermedias.

Es sabido que el metil-siliconato sódico en disolución al 4% hace hidrófobas a las calizas, pero no podemos olvidar que esta posible protección contra el agua tiene poca

importancia frente a la agresión que supone el contenido alcalino del siliconato debido a las eflorescencias salinas que produce. En general, las resinas de silicona dan poco resultado en los materiales calcáreos, aunque esto puede subsanarse tratándolos previamente con fluosilicatos, o con esteres silícicos, y esto es posible porque las siliconas reaccionan químicamente con los átomos de silicio, pero en materiales carentes de silicatos sólo se logra una absorción física.

Cuando los elementos de piedra contienen sales de sulfatos y cloruros, ya sea de constitución como en multitud de muestras calizas o de contaminación por el mar o la polución atmosférica, las siliconas no procuran ninguna protección pues al ser permeables al vapor de agua permiten el juego de la cristalización-eflorescencia con los cambios de la humedad relativa del aire.

Como hemos indicado antes, para que una resina de silicona quede vinculada químicamente a un soporte calcáreo, este se ha de impregnar previamente con un silicato. Los silicatos alcalinos han sido muy utilizados a partir de 1850 y están disponibles comercialmente como soles de ácido silícico estabilizados con hidróxidos alcalinos de sodio y potasio. Estas dispersiones coloidales, expuestas al aire, absorben el  $\text{CO}_2$  y precipita el ácido silícico como un gel transparente y blando, produciéndose también los carbonatos de sodio y potasio que dan importantes eflorescencias. Por su parte, el ester silícico más comúnmente usado para los materiales pétreos porosos es el silicato de etilo, que impregna bien, tiene importancia como endurecedor y procura una hidrofobación aceptable de las superficies tratadas; en contacto con el agua se hidroliza en alcohol etílico y gel de ácido silícico, pero muchas formas comerciales los presentan parcialmente hidrolizado con ciclohexanono, glicol o tetralina, a fin de que la precipitación con la humedad sea más rápida y el ácido silícico adhiera bien sobre las superficies a tratar.

FECHA	HORA	LONGITUD	LATITUD	PROFUNDIDAD	AMPLITUD	PERIODO	VELOCIDAD	ACELERACION	ESTACION	LOCALIDAD
1749-01-01	00-00-00.0	00-40.0	41-50.0	h	SSIS					
1747-11-21	00-00-00.0	00-42.0	41-54.0	h	SSIS			VIII		
1755-10-31	00-00-00.0	00-40.0	42-42.0	h	SSIS			V		
1829-15-09	00-00-00.0	00-32.0	40-04.0	h	SSIS			V		
1850-09-20	00-00-00.0	00-56.0	41-42.0	h	SSIS					
1877-12-27	00-00-00.0	00-00.0	41-00.0	h	SSIS					
1853-01-29	00-00-00.0	00-48.0	41-36.0	h	SSIS			VI		
1877-04-03	00-00-00.0	00-42.0	41-42.0	h	SSIS					
1857-01-16	00-00-00.0	00-42.0	40-42.0	h	SSIS			VI		
1924-06-14	00-00-00.0	00-13.0	41-34.0	h	SSIS			VI		
1915-01-02	19-06-00.0	00-18.0	40-12.0	h	SSIS			VI		
1928-06-16	02-19-45.0	00-37.0	40-13.0	h	SSIS	4.0		VII		
1934-10-02	21-36-29.0	00-39.0	42-36.0	h	SSIS	4.8		V		
1941-11-06	18-00-00.0	00-43.0	41-30.0	h	INGP			IV		
1957-09-07	20-10-00.0	00-24.0	41-30.0	h	INGP			III		
1961-02-13	18-52-01.0	00-11.8	41-43.5	h	SSIS	5.2		VI +		
1961-02-10	19-16-34.0	00-11.8	41-43.5	h	SSIS	5.2		V		
1961-02-10	20-02-58.0	00-11.8	41-43.5	h	SSIS	3.9		VI		
1961-03-14	21-47-03.0	00-11.8	41-43.5	h	SSIS	4.4		VI		
1961-12-22	12-00-40.5	00-49.3	41-54.1	h	SSIS	4.1		III		
1961-12-22	12-04-06.0	00-45.9	41-45.7	h	SSIS	4.5		VI		
1965-01-07	13-33-27.0	00-36.0	43-12.0	h	SSIS	4.1		VII		
1965-05-09	12-57-29.0	00-32.4	43-08.4	h	INGP	3.6				
1966-05-14	07-17-55.6	00-38.3	42-04.9	h	SSIS	4.4				
1966-12-18	13-51-36.0	00-18.0	43-15.0	h	SSIS	3.8		VI +		
1974-12-24	21-17-20.4	00-52.1	43-04.0	h	SSIS	3.7				
1975-08-01	02-49-46.2	00-12.7	43-17.0	h	SSIS	3.5				
1972-08-09	11-17-53.0	00-13.2	42-25.2	h	INGP	3.3				
1975-05-23	10-35-50.7	00-43.2	42-37.2	h	INGP	3.3				
1980-05-30	16-15-16.0	00-20.8	41-31.8	h	SSIS	3.1				
1981-07-08	15-10-09.3	00-42.5	42-04.6	h	SSIS	3.6				
1981-10-03	07-19-24.8	00-35.0	42-20.0	h	INGP	3.0				
1982-01-03	02-13-24.9	00-20.3	42-17.1	h	SSIS	3.1				
1983-03-15	18-19-50.9	00-11.4	42-29.3	h	SSIS					
1983-03-28	16-55-01.5	00-11.2	42-38.9	h	SSIS					
1983-04-08	16-14-04.0	00-10.7	42-39.9	h	SSIS					
1983-05-19	16-39-03.4	00-36.4	42-43.0	h	SSIS	3.0				
1985-04-22	03-15-32.3	00-40.5	41-30.3	h	SSIS	3.0				
1985-11-27	13-23-15.3	00-32.0	42-55.0	h	SSIS	2.8				
1986-03-11	13-51-37.3	00-40.8	42-45.2	h	SSIS	3.2				

Instituto Geográfico Nacional. Banco de Datos Sísmicos. Servicio de Sismología e Ingeniería Sísmica. Madrid, 1987. Operador: Dr. Emilio Carreño Herrero.

Por otro lado, el ácido fluosilícico es un ácido fuerte, capaz de producir efervescencia con los materiales calcáreos, formando una costra de fluoruro cálcico y sílice, aunque la reacción que dan los productos comerciales disponibles es muy enérgica por ser la relación F: Si siempre mayor de 6, con lo que las costras formadas tienden a cristalizar, decoloran los compuestos de hierro, etc. Los fluosilicatos están también disponibles comercialmente, y son muy utilizados en Alemania, sobre todo los de magnesia (reacción ácida pH=2), aluminio (pH=1), el de Zn (pH=2,5) y el de plomo (pH=1) y, aunque cada uno de ellos presenta indiscutibles ventajas para temas específicos (yesos, cemento, etc.), son muy activos tam-

bién sobre los materiales calcáreos, con lo que los productos depositados son esponjosos y el endurecimiento inicial debe considerarse con reservas.

Las ceras que más se usan actualmente, son las ceras sintéticas del tipo parafinas, de fabricación inglesa como los Cosmoloids de Astor Boiseller de Londres, que pueden adquirirse con distintos grados de polimerización y, por esto pueden alcanzarse puntos de fusión más altos, menor retención del polvo, etc. En España están comercializados por Iberceras y, entre algunos restauradores está introducido el empleo de los de punto de fusión de 90°C, solas o mezcladas con barnices naturales o sintéticos a los que confieren un grado de

impermeabilidad alto y pérdida de brillo. En algunos casos de materiales conteniendo sales que no pueden ser eliminadas, su uso se programa para bloquear estas sales, impidiendo así su reacción con el vapor de agua. No obstante, su empleo es muy reducido por los peligros que entraña la impermeabilización total de los materiales tratados.

Las resinas acrílicas, solas o mezcladas con siliconas, son muy utilizadas por los restauradores en el tratamiento de los paramentos con patinas o pinturas porque, aunque son permeables a los gases (y al vapor de agua en cierta medida), puede controlarse muy bien el grado de permeabilidad que queda en la piedra y que suele establecerse entre 0,5 y 0,1 del inicial. Además, estas formulaciones acrílicas nos ofrecen las propiedades de revestimiento más favorables y muy particu-

larmente la reversibilidad que sólo se realiza plenamente a partir de este tipo de compuestos orgánicos. La formulación del disolvente es de gran importancia para conseguir que el producto sólido permanezca en el interior de los poros, para lo cual venimos utilizando con éxito el par White spirit-xileno como disolvente diluyente.

#### f) Conclusión

Las fábricas de piedra necesitan de su estructura interna y de los tratamientos de superficie, pero no basta con eso. Los restauradores y estudiosos de las técnicas constructivas necesitan aceptarlo así si quieren comprender algunos aspectos esenciales del pasado que debe inspirar sus intervenciones actuales. ■

---

## NOTAS

1 Este artículo, por su corta extensión, no puede abarcar el conjunto de los mecanismos que determinan la patología de las fábricas de piedra y de los métodos y productos de tratamiento. Un tratamiento más amplio y una bibliografía extensa pueden encontrada en:]. M. Cabrera: "La piedra: material de base, problemas, diagnóstico, tratamiento", en curso de Mecánica y Tecnología de los Edificios Antiguos, CA T, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1985

2 L. Pérez del Campo: "Arte y economía: la construcción de la Catedral de Málaga". Universidad de Málaga-Colegio de Arquitectos de Málaga, 1985, p. 173... "En primer lugar, el banco de piedra objeto de la oferta era inspeccionado... sobre la calidad de la piedra en él hallada. Llegadas las piedras a la obra, eran reconocidas inmediatamente por el aparejador que establecía el sitio idóneo en las hiladas para cada una. Acto seguido se procedía a su marcaje con almagra, otorgándoles de esta manera un lugar en la serie limitada de sillares que conformaban el conjunto de hiladas".

3 M. Cabrera: "Intervención y tratamiento de materiales pétreos", en: Primer Cursillo sobre Patología y Tratamiento de la Piedra: el granito gallego", Dirección Xeral do Patrimonio Artístico e Monumental, Santiago de Compostela, 1985.

4 C. Camerman: "Les Carrieres françaises de pierre de taille: fiches techniques", en: Société de diffusion des techniques du Bâtiment et des Travaux Publics, París, 1957.

5 M. Mamillan: "Méthode de classification des pierres calcaires", en: Annales de l'Institut Technique de Bâtiment et des Travaux Publics, núm. 125, París, 1958, pp. 469-526.

6 Centre Scientifique et Technique de la Construction. "Pierres blanches naturelles", Note d'Information Technique, núm. 80, Bruxelles, 1970 y "Les revêtements extérieurs verticaux en matériaux pierreux naturels de mince épaisseur", Note d'Information Technique 146, Bruxelles, 1983. El precio total de todos los ensayos para un tipo de piedra es de 150.000 francos belgas aproximadamente y requiere 66 probetas de piedra de diferentes tamaños.

7 Estas fichas técnicas se han podido realizar gracias a la colaboración prestada por distintos especialistas, entre los que cabe destacar al profesor Juan Alonso, de la Universidad Politécnica de Valencia, al doctor Jesús Galván, del Instituto de Edafología del CSCI, al profesor Antonio Caballero de la cátedra de Cristalografía de la Universidad Complutense, así como al interés de varios arquitectos como Ricardo Reguera, Carlos Clemente e Ignacio Represa, que han proyectado dedicar algunos recursos económicos a este tipo de información.

8 Vitrubio: "Los diez libros de arquitectura (libro séptimo)". Ed. Obras Maestras. Barcelona, 1970.

9 Cennino Cenuini: "Il libro dell'Arte". Ed. Neri Pozza. Vicenza, 1971, capítulo CLXXIV: ..Acontece al artista tener que saber trabajar enteramente en todo, especialmente en aquellas obras que le reporten honra; y, por tanto, aunque no sea costumbre (entre los pintores), pero como yo lo he experimentado, te lo enseñaré. Caerá en tus manos una figura de piedra, grande o pequeña, y tendrás que... (describe todo el procedimiento técnico de las policromías de la piedra tal y como las encontramos en los pórticos de la Catedral de León, etc., por ser un códice del primer tercio del siglo XV, que recoge las tradiciones técnicas que más tarde se usaron en estas policromías de las Catedrales españolas, que son del siglo XVI.

10 Theophilus: "On divers Arts", Dover Publications. Nueva York, 1979. Ver también en esta editorial: D. V. Thompson: "The materials and techniques of medieval painting", p. 39. A. P. Laurie: "The Painter's Methods and Materials", pp. 191-226. Ch. L Eastlake: "Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters" (en diversas referencias). M. P. Merrifield: "Original treatises dating from the XIIth to XVIIth centuries on the arts of Painting, etc.". Gettens and Stout: "Painting Materials: a short enciclopedia", p. 257. entre otros:

11 Francisco Pacheco: "Arte de la pintura", Instituto Valencia de D. Juan, 1956

12 M. Doerner: "Los Materiales de Pintura y su empleo en el arte", reimpresión. Ed. Rcvrté, Barcelona, 1955, pp. 236-281. E. G. Warland: "Constructional Masonry", Pitman and Sons J., Led, Londres, nos dice, .a veces, cuando se trata el material viejo para que parezca de aspecto nuevo, el lavado no basta. Para obtener el resultado deseado se usan renovadores especialmente preparados con el tono requerido y que se aplican en forma de barniz, con lo que la piedra adquiere aspecto de nueva". Todas las patentes inglesas sobre estas fórmulas para el tratamiento de la piedra han sido recogidas por S. Z. Lewin: .The Preservation of natural stone. 1839-1965" en Art and Archaeology Technical Abstracts. HC, London, 1966, vol. 6, núm. 1, pp. 185-272.

13 P. Baldi, M. Cordaro, P. Mora et L. Mora: Architecture-Couleur", en: Symposium, 1981, ICCROM, Roma, pp. 133.

14 J. M. Cabrera: "Proyectos para la Restauración de la Catedral de León. de la fachada de San Gregario de Valladolid y de San Pablo de Valladolid" (en estos dos últimos, la obra fue dirigida por un técnico distinto del autor del proyecto).

15 ICCROM. "Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings", Roma, 1981, pp. 403.

16 L. B. Sickels: "Organic additives in mortars", en: Edinburg Architecture Research, vol. 8, 1981, pp. 7-20.

17 H. Jedrzejska: "Ancient mortars as criterion in analyses of old architecture", en: ICCROM Symposium, roma, 1981, p. 3]1.

18 M. Frizot: .L'Analyse des mortiers antiques: Problemes et resultats", en: ICCROM-Symposium, Roma, 1981, pp. 331-339.

19 ICOM. International Council of Museum. Conservation Committee. UNESCO. Meeting. Leningrado-Moscú, 1963, texto policopiado.

20 Carta del Restauo, 1972, ICR, Roma, traducida al español en "50 años de protección del Patrimonio Histórico Artístico., Ministerio de Cultura, Madrid, 1983, p. 88.

21 Feilden: Conservartion of Historic Building., Butterwortbs, London, 1982, p. 333.

22 P. Rossi-Doria, M. Tabasso, G. Torraca: .Nota sui trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapidei., en; Atti JCR, Laboratorio Prove su Materiali, Roma, 1977

23 Agradecemos la colaboración prestada al doctor José Manuel Martínez Solares, jefe del Servicio de Sismología e Ingeniería Sísmica del Instituto Geográfico Nacional.

24 J. Galbis: .Catálogo Sísmico", Instituto Geográfico Nacional. tomos I y II, Madrid, 1940. 25 J. Mezcua: "Catálogo General de Isosistas de la Península Ibérica", Publicación 202. Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1982, pp. 16-23.

26 Real Academia de la Historia: Noticia individual que da la Academia de la Historia del Terremoto de 1.º de Noviembre de 1755, por orden del Rey Nuestro Señor". Este documento conocido y explotado, no ha sido suficientemente difundido entre los restauradores, aunque da cuenta de lo sucedido en 1.000 localidades españolas con especial referencia a los monumentos.

27 Op. cit., p. 264: de lo ocurrido en León dice textualmente: "El viernes 31 de octubre después de las 2 de la mañana estando el tiempo muy sereno sintieron algunas personas veridicas moberse por espacio de una Ave Maria el piso de sus quartos, crugir de techos

y desprender del las pequeñas porciones de material. Igual movimiento se percibió el día 1.º de Noviembre a la misma hora; y esta repetición hubo también sujetos muy calificados que la aseguran, añadiendo que duro como 4 minutos, que les causó desazón de Estomago y que oyeron dar 6 o 7 golpes a una Campana de la Catedral llamada La Maria.

“A las 10 de aquella mañana volvió el terremoto con poca sensación al principio y con tan poca que nadie le reputo por tal, como que no es País sujeto a ellos, y que entre los mas Ancianos no había memoria de haber experimentado otro. Su permanencia fue de 9 minutos y en los postreros tan violento que apenas podían los hombres mantenerse en pie según le sucedió al Intendente que hubiera caído a no haber hallado en quien apoyarse. Las vibraciones hacían perder a la Catedral mas de una quarta de su nivel, lo que se evidenció por el diametro de una Campana que se tocó tres veces; no obstante, ni a este celebre Templo, ni a otro algun edificio resultó ruina, ni desgracia tan poco a las personas, aun con haberse renovado el susto a las 10 de la noche

y a las 24 horas menos perceptiblemente”.

28 A. R. Warnes: .Building stones: their properties, decay and preservation”, ed. Ernest Bern Ltd. London. 1926.

29 R. Sneyers and P. J. de Henau: .The Conservation of Stone”. en: UNESCO. Museums and Monuments, vol. XI. París, 1969, p. 220.

30 J. Rudel: “Technique de la peinture”, Presses UIUniversitaires de France, Paris, 1950

31 Petresco: “Technique de la fresque”, Lefranc, París, 1948.

32 S, Z. Lewin: “The preservation of natural stone, 1839-1965”, en: Art and Archaeology Technical Abstracts, vol 6, núm, 1. Inter. Inst. for Conservation. London, 1966, pp, 185-272. Ver también para productos modernos de siliconas, etc. C. A. Grissom, N. R. Weiss: “Alkoxysilanes in the conservation of Art and Architecture: 1861-1981”, en: Art and Archaeology Technical Abstracts, vol. 18, núm. J. 1981, pp. 150-200.

33 T, Stambolov and J. R.J. van Asperen de Boer: “The deterioration and Conservation of porous building materials in Monuments”, en: ICCROM, Roma, 1972.

## 2.4 Materiales de reparación: sus mecanismos de actuación y criterios de selección (limpieza y protección de fachadas)



### 1. INTRODUCCIÓN

Esta comunicación es un trabajo de encargo para desarrollar en 30 minutos, por lo que nos limitaremos a los temas de limpieza y protección de fachadas que quizás pueden interesar más ahora (1).

La utilización de materiales para reparar objetos se conoce desde la más alta antigüedad, habiéndose empleado colas, adhesivos, impermeabilizantes, limpiadores, consolidantes, protectores, etc., de naturaleza orgánica o mineral y de origen natural o fabricados artificialmente, en particular desde 1850 en que con la aparición de los productos de síntesis se ha diversificado muy ampliamente la gama de materiales disponibles (fig. 1).

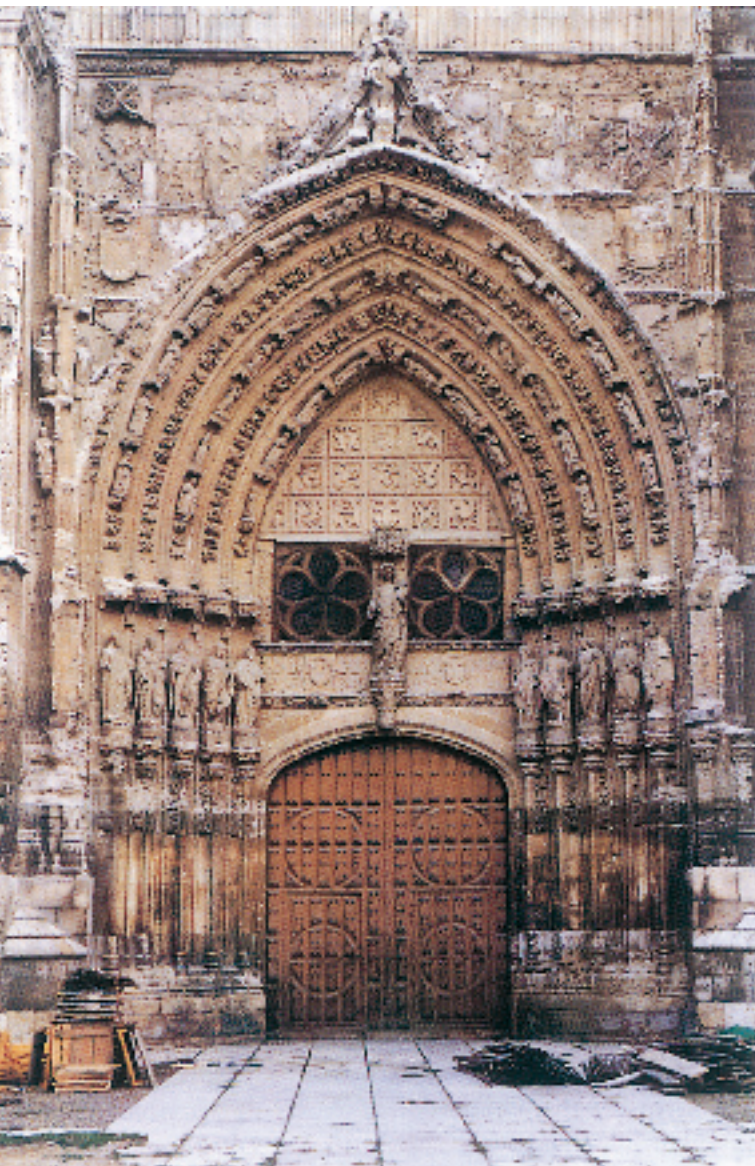
Reparar es un concepto de simetría, puesto que la naturaleza y cuantía del daño determinan los límites de la reparación. En su aplicación a los Monumentos, la elección crítica de lo que se debe hacer en cada caso lo transforma en Restauración, pues el rigor en nuestro trabajo consiste esencialmente en la aplicación de una metodología que permite insertar adecuadamente la intervención en la personalidad nosológica del objeto en tanto que documento de la Historia (2).

En las últimas décadas, los progresos conseguidos en Restauración se han atribuido principalmente a su consideración como momento de la crítica histórica a través de la interpretación renovada de sus documentos materiales, siguiendo un desarrollo interdisciplinar que suma a, 1) las consideraciones estéticas, una 2) metodología arqueológica y el apoyo de 3) estudios de laboratorio para el conocimiento de materiales y técnicas (3), pero en la práctica, estas ideas básicas no han sido igualmente seguidas por los distintos sectores profesionales implicados en la conservación del Patrimonio, de tal manera que sólo en la Restauración de cuadros y en las grandes pinacotecas bien equipadas, se reúnen actualmente los tres conceptos que conforman la metodología aludida. La Restauración de Monumentos se ve dominada por los planteamientos estéticos para los elementos que acompañan a la Arquitectura, la consideración es muy baja y sólo se suele pedir su conservación material, aunque en muchas ocasiones se llega incluso a renovarlos, reemplazarlos o eliminarlos si no se acomodan a las exigencias artísticas prioritarias.

Este estado de cosas sólo puede explicarse según Philippot (4), por una limitación en el desarrollo de la sensibilidad, pues el proble-



ma estético existe en todos los objetos que tengan intencionalidad artística y el problema arqueológico se plantea tanto para el documento como para la imagen. Por esto, para que la Restauración progrese, es esencial que la aproximación interdisciplinar alcance eficazmente a todos los terrenos de la producción artística, uniendo las preocupaciones por la imagen, la historia y la materia.



CATEDRAL DE PALENCIA. PORTADA DEL OBISPO  
Fig. 1. Toda la superficie esculpida conserva bastante bien el estuco de yeso y arena de cuarzo (10: 1) con algo de ocre y un aglutinante óleoproteico.

## 2. ESTADOS DE SUPERFICIE

Los materiales de construcción, y la piedra en particular, han recibido en distintas épocas tratamientos de superficie especialmente en molduras, cornisas, figuraciones arquitectónicas y esculturas en general.

En los tratados de técnicas pictóricas, aparecen referencias suficientemente explícitas, como por ejemplo, en Cennino Cennini (5), el Manuscrito de Estrasburgo (6), el monje Teophilus (7), Pacheco (8), Palomino (9), etc., y más modernamente en Doerner (10), Mayer (11), etc. Estas técnicas también aparecen, pero de forma muy incompleta, en tratados de construcción modernos como el Warland (12) o el Foerster (13), entre otros (fig. 2).

Las tradiciones técnicas anteriores a 1437 están recogidas en "El libro del Arte" de Cennino Cennini' y, en lo que se refiere a la escultura en piedra de interiores y exteriores, coincide fielmente con lo que encontramos en los Monumentos españoles que hemos podido estudiar, tales como 1) todos los Portales de la Catedral de León, 2) la Portada del Obispo de la Catedral de Palencia, 3) el Portal Norte de la Catedral de Avila, 4) la Portada de los Apóstoles de la Catedral de Valencia, 5) el Portal de poniente de la Catedral de Oviedo, 6) la Portada de Santa María de Aranda de Duero, 7) la Portada del Sagrario de la Catedral de Málaga, 8) los relieves policromados de San Francisco de Baeza, y 9) los relieves policromados de San Gerónimo de Granada. En todos estos Monumentos, hemos tomado micromuestras de las superficies esculpidas y las hemos estudiado con la misma metodología y técnicas que empleamos rutinariamente para el análisis de los cuadros, esto es, mediante pruebas microquímicas para los elementos minerales, ensayos de tinción para los aglutinantes orgánicos y examen microscópico de láminas delgadas para ver la estructura de las distintas capas superpuestas (14) analizando también

por Difracción de Rayos X algunos componentes específicos como los "enyesados" a fin de determinar el tipo de yeso y de arena, así como una estimación semicuantitativa de las proporciones de la mezcla.

Según Cennino Cennini se inicia el trabajo limpiando bien la escultura y dándole una o dos manos de cola bien caliente; luego se deja secar. A continuación, se hierva aceite de linaza con carbón de roble y 1/3 de barniz, se le echa mordiente, se separa el carbón y se mezcla todo bien dándolo con igualdad por todas partes, estando muy caliente, con un pincel de cerdas grueso. Se deja secar bien



CATEDRAL DE PALENCIA. PORTADA DEL OBISPO.  
Fig. 2. En las esculturas exentas y, sobre todo, en la Virgen del parteluz quedan restos de policromía.

al aire y al sol y se aplica bien caliente y con esponja un temple de cola y yema de huevo (una yema por cada vaso de cola) y, finalmente, con temple de yeso fuerte y cola, enyesa la figura añadiendo yema de huevo y un poco de polvo de ladrillo, dándolo con espátula y dejando secar (15): Finalmente dice... "y si por acaso algún trabajo tal hubiera de estar expuesto al agua, barnízalo; no será tan hermoso, pero sí más resistente" (fig. 3).

Como muestran los análisis adjuntos, en todos los Monumentos antes citados, existen recubrimientos con preparación de Yeso similar a la descrita, resultando de gran Interés el paralelismo entre estas técnicas de policromía y la encontrada en la "Dama de Baza" que es del siglo IV antes de J.C. y en donde, sobre la piedra caliza blanca, existe una preparación de Yeso y policromía (16), e igual sucede en la Catedral de Santiago de Compostela tanto en la Puerta Santa (al exterior) como en el Pórtico de la Gloria, y lo mismo encontramos en la escultura policromada castellana y andaluza del siglo XVII y en la pintura española e hispanoflamenca sobre tabla desde el XV al XVII.

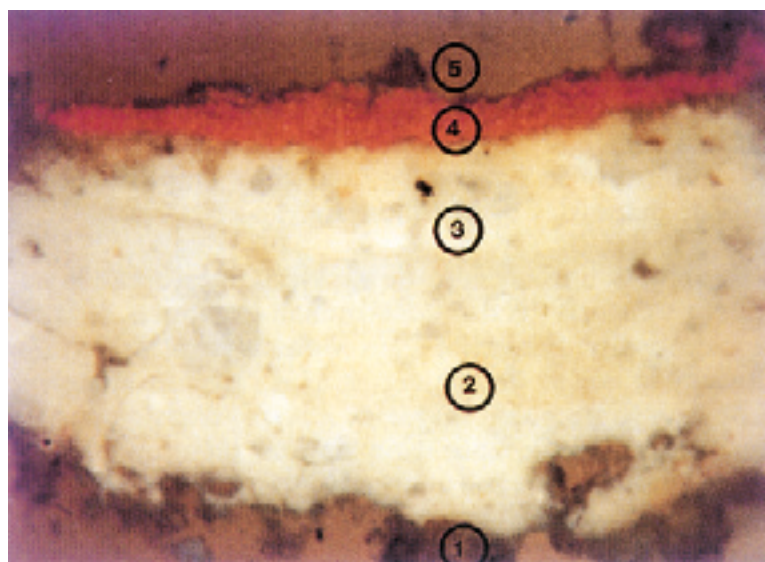


Fig. 3. La Virgen. Borde del pelo. Estado de superficie. Sección transversal (80 aumentos).



CATEDRAL DE LEÓN. PORTICO OCCIDENTAL

Fig. 4. En toda la superficie esculpida se conservan restos dispersos de estuco de yeso y cuarzo (10: 1), con algo de ocre y un aglutinante oleoproteico. En muchas áreas, la piedra sólo está recubierta por una materia translúcida óleo-proteica, sin duda la imprimación descrita por Cennino Cennini,

La aplicación periódica de productos naturales ha sido probablemente el sistema de mantenimiento utilizado en grandes períodos de la Historia. En Vitruvio (17) leemos que... "mezclando a la cal heces de aceite, al endurecerse no permite que el agua penetre"... y que... "a fin de que el mortero no padezca con las heladas, se deberá reparar todos los años antes del invierno, cubriendo con heces de aceite la cal". Al examinar los paramentos exteriores de la Catedral de Málaga y, en particular los correspondientes a la Puerta de las Cadenas, se aprecia claramente que la sillería está recubierta con una lechada de cal pintada con caseinato y albero, sin duda para

homogeneizar las múltiples irregularidades reparadas con argamasa de cal y arena, así como para proteger la piedra de las intemperies (fig. 4).

En los libros de estudio de nuestros artesanos y canteros de los años 50, como por ejemplo el Foerster (18), se simplifican grandemente las recetas más antiguas y se enseña que... "en la pulimentación de las rocas feldespáticas aglomeradas se aconseja atacar, primero las superficies con unas gotas de agua fuerte o de ácido sulfúrico"... o que para quitar el brillo de las piedras blandas se utilizan... "los ácidos clorhídrico o nítrico o el ácido fluosilícico concentrado"... o que "...para la tintura artificial se recomienda el Fluato de color... la Durolite líquida de uso en nuestro país"... o el empleo de "...Testalina, con solución alcalina de jabón y luego acetato de alúmina"... o aún ... "barniz al óleo... aplicado en caliente"... o... "parafina fundida o disuelta en éter de petróleo, manteca de caucho o aceite mineral cargado de parafina".

Rudel (8) Utiliza la mezcla de caseina de leche con cola y, Petresco (19) una emulsión de potasa, cera de abejas, resina, dammar y amoníaco, en la línea de lo que pudo ser la técnica pompeyana de la encaústica, emulsionando con cenizas de plantas el agua y la cera de abejas. Doerner (9) también señala el empleo de cola insolubilizada con alumbre o con taninos y, Sylvester (20) desde 1861 trataba la piedra impregnándola con disolución caliente de alumbre y aplicando seguidamente aceite, obteniendo así el estearato de aluminio (también se hizo con el zinc) que se aplicó con gran profusión y buenos resultados durante más de medio siglo. Aunque el alumbre se ha utilizado para tratar multitud de materiales desde los tiempos más antiguos, su utilización creció notablemente desde el siglo XIII al instalarse fábricas de producto purificado. Lewin (21) ha recogido las patentes Inglesas y la mayor parte de las noticias bibliográficas entre 1839 y 1965, período-en

el que Inglaterra y Alemania han producido muchos materiales para el tratamiento superficial de las piedras de construcción, algunos de ellos muy perjudiciales como, por ejemplo, los silicatos de sodio y de potasio, pues producen sales muy peligrosas al hidrolizarse y depositar la sílice. Adjunto, también se muestran los exámenes de superficie efectuados sobre, 1) las Portadas de la Coronería, del Sarmental y de la Pellejería de la Catedral de Burgos, 2) el portal del Mirador de la Catedral de Palma de Mallorca, 3) las Portadas de San Gregario y de San Pablo de Valladolid y 4) el patio del Palacio de Dueñas en Medina del Campo, acusando la presencia de yeso y ocre (o polvo de ladrillo) ligados con una sustancia óleo-proteica (insolubilizada con alumbre férrico en las Catedrales de Burgos y de Palma de Mallorca, muy probablemente), apreciándose también en algunas muestras la superposición de capas como consecuencia, sin duda, de operaciones de mantenimiento más tardías.

También mostramos fotomicrografías del estado de superficie de los canecillos, originales de San Martín de Fromista, de la Portada lateral de San Hipólito de Támara y del borde superior del ventanal de la cara norte en la torre del reloj de la Catedral de León, mostrando sobre la piedra una capa muy fina de caliza sulfatada y otra translúcida con abundantes lípidos, todo lo cual nos hace sospechar que han podido recibir un tratamiento superficial con la técnica de Sylvester.

### 3. MATERIALES DE REPARACIÓN

#### 3.1. Limpieza

Técnicamente, conviene establecer una distinción entre los conceptos de "suciedad" y "retención de la suciedad". El primero está provocado por el mundo exterior, mientras que la retención es una característica del material, aunque la importancia del fenómeno depende de ambos. La composición química



CATEDRAL DE LEÓN. PORTICO OCCIDENTAL

Fig. 5. En las esculturas exentas quedan restos de policromía, viéndose en la preparación de yeso una primera capa de fondo con algo de ocre, idéntica a la de los relieves monocromos.

Fue raspado con cepillos metálicos en una limpieza del año 1974.

y la morfología de las partículas de suciedad, así como la forma en que llegan sobre la piedra, son cuestiones importantes para el estudio del problema. Respecto a la retención de la suciedad, en el caso más simple es de naturaleza mecánica para las partículas más grandes que se limpian más fácilmente, pero generalmente también actúan fuerzas de Van der Waals y de Coulomb que fijan fuertemente la suciedad sobre la superficie de las piedras. La oleofilia es muy importante para los alquitranes y aceites de la polución atmosférica, y también influyen la textura y las irregularidades de la superficie (fig.5).

Para la limpieza manual se suelen utilizar sustancias químicas capaces de ablandar la suciedad, facilitando la acción de los métodos mecánicos. En esta línea se utilizan productos de naturaleza ácida o alcalina, así como limpiadores orgánicos capaces de eliminar grasas o aceites por su pequeña tensión superficial o por ser suficientemente solubles o hinchables por ellos. Asimismo, las manchas por metales como el hierro o el cobre son eliminables con la ayuda de reactivos químicos apropiados. También resultan útiles las formulaciones en forma de pasta, capaces de desprender la suciedad y absorberla durante el secado, siendo los polvos más utilizados en formulaciones acuosas el almidón, carboximetilcelulosa, tiza, harina, talco, carbonato magnésico, silicato magnésico, tierra de tiatomeas, atapulgita, bentonita, etc. Cuando se emplean disolventes orgánicos, los espesantes utilizados actualmente son bentonas, unos productos obtenidos por transformación de la bentonita capaces de esponjarse bajo la acción de disolventes orgánicos. Las pastas limpiadoras se aplican en capas de unos 3 mm de espesor y, como en todas las prácticas de limpieza, los técnicos saben que los mejores resultados se suelen obtener utilizando concentraciones bajas en vez de altas y procediendo gradualmente (fig. 6).

Entre los limpiadores alcalinos utilizados en los Monumentos destacan por sus malas consecuencias la sosa y la potasa, por lo que se consideran muy peligrosos, así como los demás productos de pH mayor de 8, pero no sucede así para el amoníaco que forma parte de las formulaciones más eficaces y utilizadas.

El empleo de ácidos en la limpieza de Monumentos no debe de recomendarse, aunque en la bibliografía se encuentran ejemplos de utilización de ácido fosfórico al 5% seguido de lavado con amoníaco, o de ácido fluorhídrico del 3 al 10% lavando y cepillando seguidamente. Los productos a base de

fluoruro ácido de amonio son los limpiadores preferidos en Francia para la piedra caliza vista (22), pues los estudios de Mamillan (23) sobre diez productos comerciales, han hecho que los especialistas se sientan tranquilos con su empleo en calizas, aunque no pueden aplicarse sobre areniscas ni ante recubrimientos antiguos de ningún tipo y también se teme sobre la acción catalítica del flúor en los procesos de envejecimiento de las superficies tratadas.

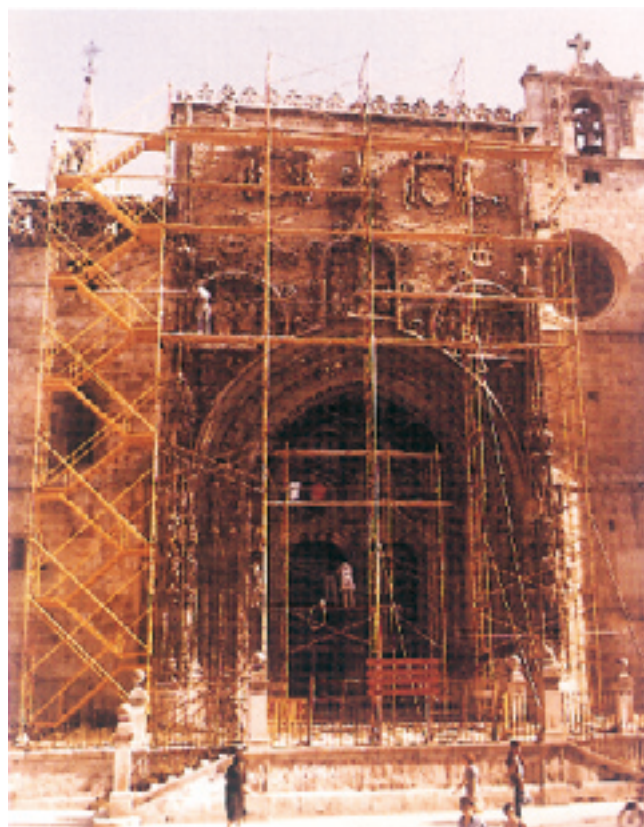
Los disolventes orgánicos quitan bien los materiales bituminosos tales como alquitrán, aceite, pintura, tinta, etc., dando buen resultado una mezcla de benceno, amoníaco y metanol. El aceite de lino cocido, muy utilizado antiguamente y también en la actualidad, como por ejemplo, en Santillana del Mar para la protección de los exteriores frente a la lluvia, se extrae con una disolución de trietanolamina y metanol (1:3), con piridina, morfina, tetralina, e incluso con polietilenglicol (Carbowax de Union Carbide & Co). Los derivados de dimetilsilicona reemplazan al aceite y, los hidrocarburos alifáticos tales como el N-hexano y N-decano, son igualmente activos. Las manchas de aceite se impregnan primero con petróleo, luego se cubren con pasta absorbente saturada del disolvente, la cual se tapa con un film de polietileno o celofán para evitar la evaporación rápida, con lo que al cabo de un cierto tiempo se deja secar y se elimina la costra por cepillado ayudándose con un aspirador. Igual se hace con Blanco de España y disolventes tales como acetona, tolueno, amiloctano, acetato de amilo, etc., solos o mezclados (fig. 7).

En muchos casos, los recubrimientos de superficie realizados con técnicas pictóricas, pueden ser de naturaleza muy variada a base de temple, emulsiones, encaústicas, óleos, etc. Para su limpieza, los Restauradores de los países del Norte de Europa Utilizan preferentemente formulaciones simples de acción lenta, basadas en el White Spirit como diluyente,



Fig. 6. San Pedro. Manto. Estado de superficie. Sección transversal (80 aumentos).

que sustituye a la trementina empleada hasta hace poco. El IRPA de Bruselas recomienda normalmente: 1) W.S.; isooctano 1:1, 2) W.S.: xileno 1:1, 3) W.S.: acetona 1:1, 4) Para la limpieza de técnicas conteniendo polisacárido, acetato de etilo: agua: piridina 2:2: 1. En España están muy extendidas las recetas italianas conocidas como... "de las 3 A"..., ..."de las 4 A"... , ..."de la mixta"... , etc. (acetona, alcohol, agua, amoníaco y diacetonaalcohol para regular la velocidad de evaporación) (fig. 8). También se emplea una mezcla de alcohol etílico, acetona, dimetilformamida, butilamina, amoníaco (5:5:5: 1: 1) y cantidades variables de acetato de amilo. Para la limpieza de temples se emplean mezclas de acetato de amilo y butilamina y, para los fondos de oro, se añaden una o dos gotas de ácido fórmico por cada centímetro cúbico de dimetilformamida. Como modificadores plastificantes o espesantes, se usan mezclas de etilcelulosa (5%), cera de abejas (2%), glicerina, ftalato de butilo (para la N-Metil-2-Pirrolidina), aunque muchos prefieren un poco de barniz natural o acrílico. Los Restauradores recurren también muy frecuentemente al empleo del Dekapan comercial, sólo o potenciado con cloruro de metileno y



SANTA MARIA DE ARANDA DE DUERO. PORTADA.

Fig. 7. En todos los bajorrelieves se conservan restos de estuco de yeso, sin arena y con un poco de ocre, siendo el aglutinante de naturaleza óleo-proteica. Acusa la acción de una limpieza enérgica, probablemente de 1855, que ha eliminado la mayor parte de los recubrimientos. El tímpano conserva bastante policromía, oculta bajo una veladura parda (37).

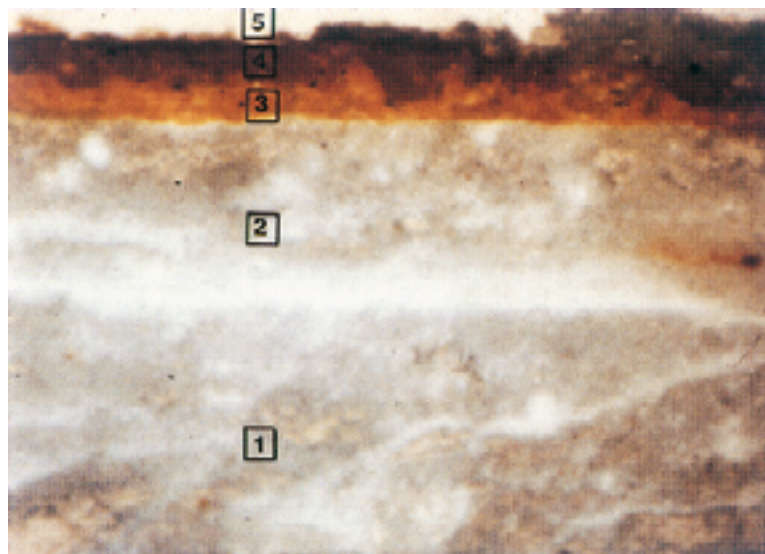
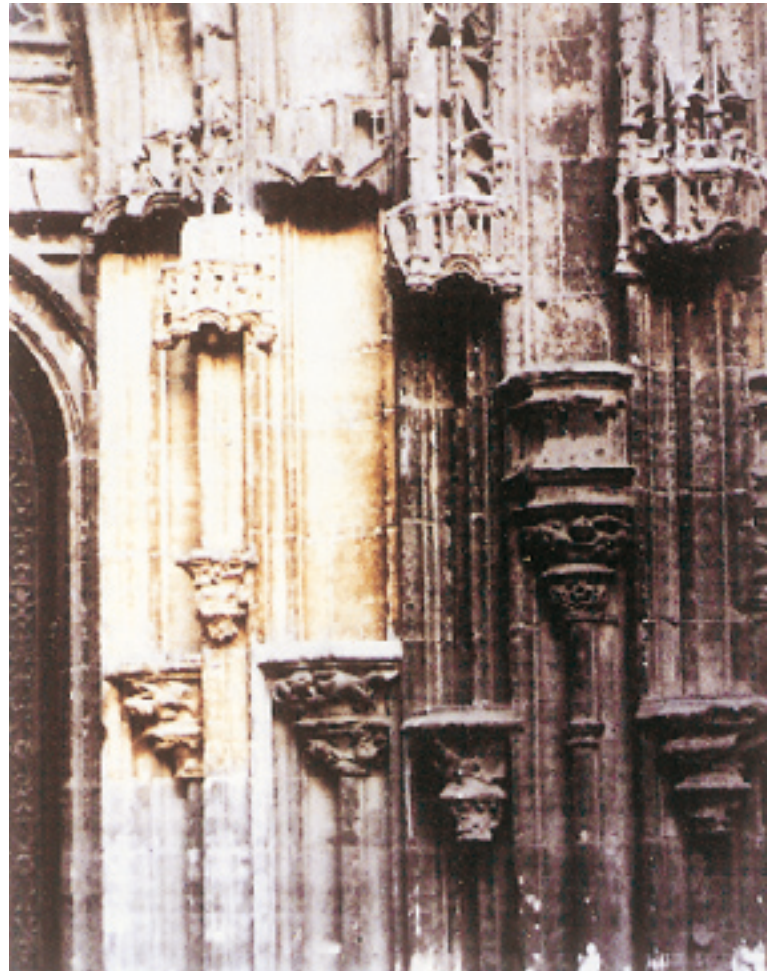


Fig. 8. Relieve tras la Virgen. Estado de superficie. Sección transversal (80 aumentos).



CATEDRAL DE OVIEDO. PORTICO OCCIDENTAL  
Fig. 9. Sobre toda la superficie esculpida se conserva en muy buen estado un recubrimiento de superficie con estuco de yeso y arena de cuarzo (10: 1) teñido con algo de ocre y aglutinado con una sustancia de naturaleza óleo-proteica.



CATEDRAL DE OVIEDO. PORTICO OCCIDENTAL  
Fig. 10. En 1985, se efectuó una prueba de limpieza en la chambrana de la puerta central, poniendo al descubierto la superficie rojiza original.

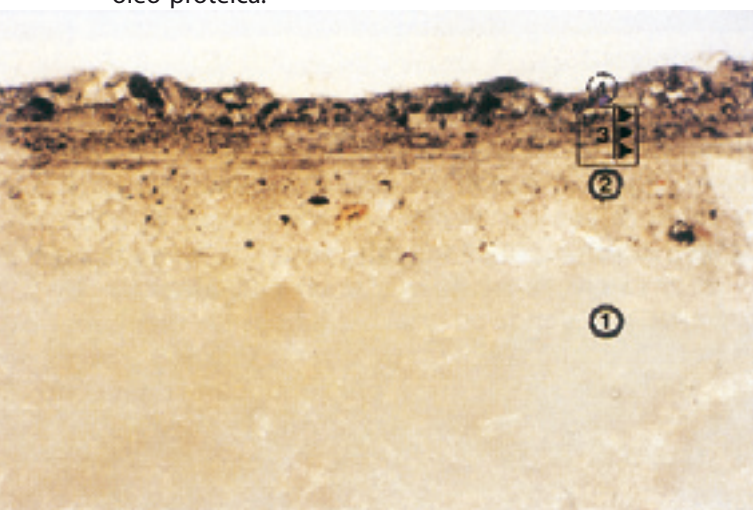


Fig. 10-bis. Puerta central. Chambrana izquierda. Estado de superficie. Sección transversal. (240 aumentos).

alcohol etílico, que hincha bien las capas de pintura de una en una.

Las manchas por metales tienen particular importancia en superficies blancas de mármoles y calizas. Su limpieza se basa en la acción de distintos productos químicos capaces de oxidar, reducir o formar complejos con los iones metálicos responsables de las diferencias de color. Las manchas de hierro son un tema extraordinariamente frecuente que exige la aplicación de disoluciones de citrato sódico o amónico, tartrato sodicopotásico, oxalato amónico, ácido fórmico, ácido sulfámico, etc.

aunque los más empleados son los oxalatos y el ácido fórmico según las recetas tradicionales recogidas en los Recetarios Industriales (24), base de los productos disponibles en el comercio. En esta línea, resultan anecdóticos los estudios de pátinas a base de oxalatos (25) y formiatos (26). También se recomienda la aplicación sucesiva de pastas a base de sulfuro amónico y cianuro potásico, pero su empleo es peligroso por el carácter venenoso de este último.

Una de las formulaciones más utilizadas es la Mezcla AB57 puesta a punto por Mora (27) para eliminar las concreciones insolubles y que también es eficaz para disolver las formaciones de sulfato cálcico de poco espesor. Está compuesta de bicarbonato amónico (30 gr.), bicarbonato sódico (50 gr.), EDTA (25 gr.), carboximetilcelulosa (6 gr.) y agua hasta 1 litro.

### 3.2. Consolidación y protección

Son muchos los trabajos de revisión y síntesis sobre los productos utilizados para la fijación, consolidación y protección de la superficie de los Monumentos pero, desde el punto de vista de este trabajo, cabe destacar el realizado por Mora, P., Mora I. y Phillippot, P. (28) aplicable por extensión al color de las figuraciones arquitectónicas. Revisan los siguientes productos: 1) fijativos orgánicos tradicionales tales como la leche, yema de huevo, aceites secantes, resinas naturales, cera y parafina, colas animales y gomas naturales y dextrina, 2) fijativos inorgánicos, tales como los silicatos alcalinos, fluosilicatos, silicato de etilo, solución de hidróxido de bario, agua de cal con bicarbonato de calcio de pH = 6 Y concentración de 1.100 mg/ltr, 3) fijativos a base de resinas sintéticas del tipo poli-acetato de vinilo, poli-cloruro de vinilo, poli-alcohol vinílico, poliacrilatos y metacrilatos, poliestireno, polietileno, polipropileno, nylon, poliacetales, poliglicoles, derivados de la celulosa y ceras microcristalinas. Ahora nos limitaremos a

los que de forma más generalizada se están aplicando actualmente sobre los Monumentos españoles y que esencialmente son: siliconas, esteres silícicos, fluosilicatos, resinas acrílicas, ceras microcristalinas y perfluoro-poli-eteres principalmente (fig. 9).

Las siliconas utilizadas en construcción hacen hidrófobas las superficies tratadas, siendo permeables al vapor de agua y a los gases. Esencialmente son de dos tipos: 1) las resinas de silicona con grupos hidróxilo y alcoxilo que se aplican disueltas en disolventes orgánicos y 2) las disoluciones en agua de siliconato de sodio. Las primeras actúan por hidrólisis atmosférica del grupo reactivo y condensación de alguno de los productos intermedios de la reacción, con lo que la resina reacciona entonces, bien sea con los grupos hidróxilo del material pétreo poroso o con el agua absorbida sobre la superficie mineral, conduciendo a una unión de valencia primaria entre la resina y la piedra.

En las disoluciones acuosas de siliconato, la hidrólisis de la sal provoca una ligazón entre el siliconato y la superficie mineral, pero la gran cantidad de sales alcalinas liberadas recomiendan evitar su uso. En materiales pétreos carentes de silicatos, sólo se logra una absorción física entre la resina y la piedra, por lo que, para las calizas, se recomienda tratar previamente la superficie con un compuesto de silicio (ester silícico o fluosilicatos). La permeabilidad de las películas de siliconas al vapor de agua y su carácter de inercia química permiten aceptar que, en condiciones normales, la protección puede durar bastante tiempo, pero, cuando están expuestas al agua con reacción alcalina (frente al mar, industrias, etc.), pierden su eficacia en muy pocos años (fig. 10).

El ester silícico más comúnmente usado desde 1861 para los materiales pétreos porosos es el silicato de etilo que impregna bien, tiene importancia como endurecedor y procura una hidrofobación aceptable de las superficies





Fig.11. SANTA MARIA DE ARANDA DE DUERO. TIMPANO DE LA PORTADA.



CATEDRAL DE VALENCIA. PORTADA DE LOS APOSTOLES.

Fig. 12. En ambos casos, las policromías estaban recubiertas por una capa gris que no es de contaminación ni de polvo, sino de pintura gris de aceite aplicada, según Max Doener (37), en el siglo XIX para satisfacer el gusto del momento.

tratadas. En contacto con el agua se hidroliza en alcohol etílico y gel de ácido silícico, pero muchas firmas comerciales lo presentan parcialmente hidrolizado en ciclohexanona, glicol o tetralina, a fin de que la precipitación con la humedad sea más rápida y el ácido silícico adhiera bien sobre las superficies tratadas. La utilización de los alcoxysilanos en la conservación de arte y arquitectura ha sido revisado por Grissom c.A. y Weiss N.R. (29) entre los años 1861 y 1981, suministrando la lista de los principales fabricantes y las principales referencias de empleo en Monumentos (fig. 10 bis).

El ácido fluosilícico es un ácido fuerte capaz de producir efervescencia con los

materiales calcáreos, generando una costra de fluoruro cálcico y de sílice. La reacción es muy energética, ya que los productos comerciales tienen una relación F: Si mayor de 6 con lo que la fuerte acidez crea costras que tienden a cristalizar. Los fluosilicatos están disponibles comercialmente en España y son muy utilizados por las empresas vinculadas a la tecnología alemana, debiendo destacarse los de magnesia (pH = 2), aluminio (pH = 1), zinc (pH = 2,5) Y el de plomo (pH = 1), presentando cada uno de ellos ventajas para usos concretos tales como yesos, cemento, etc. La fuerte acidez de los fluosilicatos hace esponjosas las superficies calcáreas tratadas, por lo que

el endurecimiento inicial ha de considerarse con reservas.

Las ceras que más se utilizan actualmente son las sintéticas del tipo parafinas, como por ejemplo, las microcristalinas de fabricación inglesa de Astor Boiseller de Londres, bajo el nombre comercial de Cosmolloids. Se presentan en diversos grados de polimerización, pudiendo alcanzar diversos puntos de fusión, menor retención del polvo, etc. En España están comercializados por Iberceras y los restauradores prefieren los de punto de fusión 90 grados centígrados, solas o mezcladas con barnices naturales o sintéticos a los que confieren menor brillo y mayor impermeabilidad. En algunos casos, materiales conteniendo sales solubles que no pueden ser extraídas, se han impregnado con ceras para bloquear la movilidad de las sales frente al vapor de agua, pero en general su empleo es reducido por los peligros que conlleva la impermeabilización de los materiales pétreos porosos (fig. 11).

Las resinas acrílicas son muy utilizadas por los restauradores, pues ofrecen las propiedades de revestimiento más favorables en cuanto a la reversibilidad, ya que ésta sólo se realiza plenamente a partir de este tipo de compuestos orgánicos. Su aplicación se realiza de tal forma que la permeabilidad de la superficie tratada sólo se reduzca entre el 0,3 Y 0,7 de la permeabilidad original y esto se consigue utilizando concentraciones bajas de resina (2,5 a 5%) en un solvente formulado con disolvente verdadero/diluyente (Xileno/White Spirit, por ejemplo) que permite depositar la resina en el interior de los poros de la piedra. A veces, las resinas acrílicas se modifican por adición de Resinas de Silicona, con lo que aumenta la hidrofobicidad y la permeabilidad, y otras veces por adición de xilanos o de ceras, según las propiedades buscadas por el restaurador (fig. 12).

Los perfluoropoliéteres se han utilizado con buenos resultados para la protección de mármol y piedra caliza, disueltos al 70% en tricloro-

rotrifluoroetano y han sido comercializados por una filial del Grupo Montedison. Su aplicación se realiza a pistola y, aunque tienen un precio muy elevado, se han producido varias comunicaciones científicas sobre su empleo en los últimos años (30).

#### 4. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA

Los distintos procedimientos industriales en uso tienden a liberar la superficie de todas las sustancias adheridas a la piedra (31) y, cuando se aplican a los Monumentos, hace que desaparezca la superficie original que constituye el elemento más destacado de su significación histórica. Por esto, muchos Monumentos están siendo alterados más o menos intensamente.

El profesor Fielden (32) explica con claridad que... "en todas las operaciones de limpieza; la superficie original de la piedra debe ser respetada junto con su pátina de edad"... y la Carta del Restauo de 1972 (33) especifica que... "la pátina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas y aún técnicas, por cuanto desempeña normalmente una función protectora, como demuestra el que la corrosión suele comenzar en las lagunas de la pátina. Se puede eliminar la materia acumulada sobre la piedra (detritus, polvo, hollín, excrementos de palomas, etc.) usando solamente cepillos vegetales o chorro de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas, y en general debe excluirse todo chorro a elevada presión ya sea arena natural, agua o vapor, des aconsejándose el lavado de cualquier tipo".

Insistiendo en la devaluada línea de dar recetas, RossiDoria, Tabasso y Torraca (34) dan listas de los sistemas y productos ... "que pueden recomendarse"... y de los que... "no pueden ser recomendados"... dedicando un interés particular a la primera regla del restaurador que consiste en controlar minuciosa-

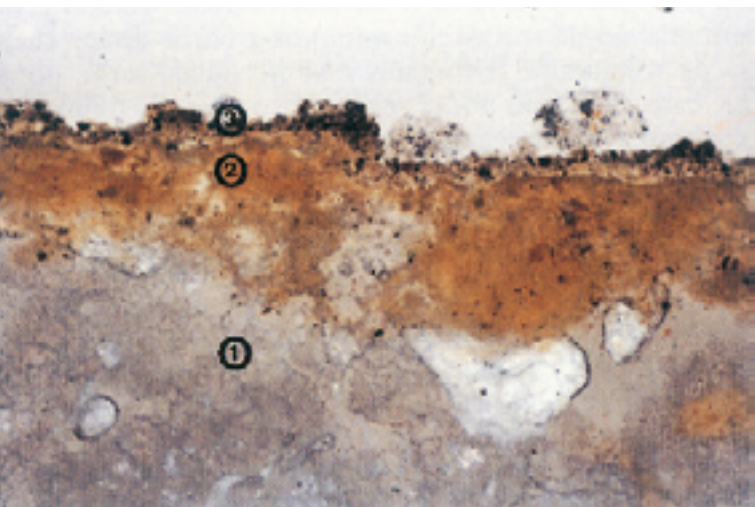


Fig. 14. Catedral de Málaga. Portada del Sagrario. Estado de superficie (120 aumentos).

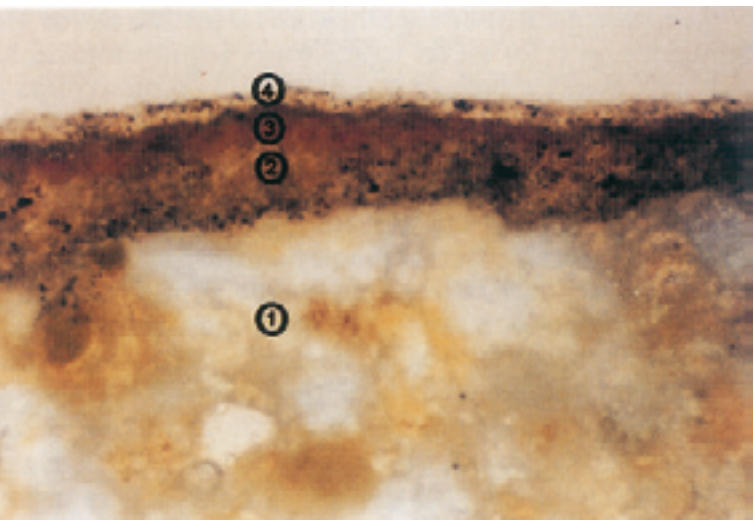


Fig. 13. Catedral de Burgos. Portada del Sarmental. Estado de superficie (120 aumentos).

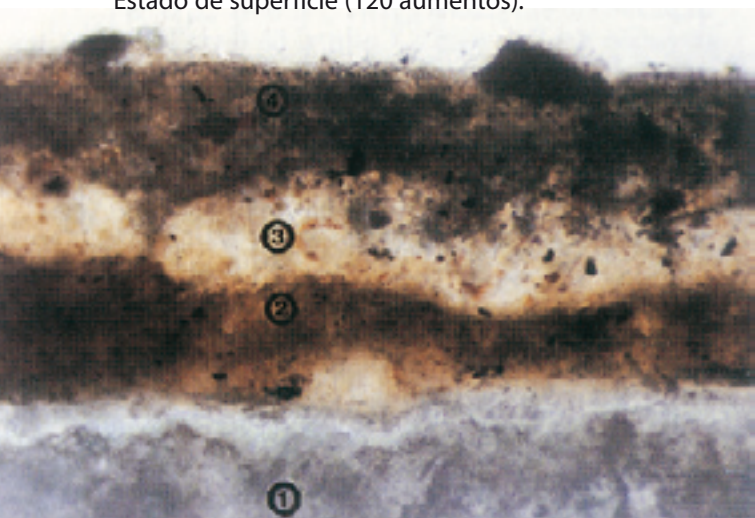


Fig. 15. San Pablo de Valladolid. Portada. Estado de superficie (240 aumentos).

mente la estabilidad de la capa superficial, procediendo a la fijación de las zonas en peligro de desprendimiento, ya sean fragmentos del soporte o de la película de superficie, antes de iniciar cualquier proceso de limpieza.

En nuestra opinión, en los Monumentos se deben excluir los sistemas industriales. La limpieza tiene como fin hacer legible la superficie para restituirle su significado y es siempre una operación delicada porque es irreversible. Si bien el principio es sencillo, resulta a menudo difícil de realizar ya que el estado que se procura alcanzar con la intervención depende en gran medida de los mensajes de que es portador, que son de muy diversa índole y a veces poco perceptibles a simple vista, por lo que un tratamiento imprudente puede destruirlos. Por esta razón, más allá de las definiciones de métodos procedentes o no, lo que realmente importa saber es el estado de superficie que se quiere alcanzar y llevado a efecto con los recursos disponibles. Si por razones de moda, culturales o políticas, hemos de descarnar la piedra, actuaremos con unos recursos, pero si lo que se quiere es respetar los documentos materiales que la evolución cultural ha ido depositando en los paramentos interiores y exteriores de nuestros Monumentos, hemos de convenir en que la limpieza sólo puede encomendarse a quienes comprendan la naturaleza de los mensajes contenidos en esas superficies y sepan restaurados, pues no existen métodos ni productos que resuelvan por sí solos la falta de criterio de un operador poco o mal instruido.

Los tratamientos de superficie en las piedras de los Monumentos, el color en las figuraciones arquitectónicas hechas con piedra e incluso la policromía o monocromía de la escultura de las portadas románicas y góticas, considerados según Philippot como "cosa menor" por el Historiador del Arte, se han minusvalorado por el Arquitecto, igno-

rándose el problema arqueológico y crítico, y actuando con el gusto de moda de dos maneras: a) Repintando sencillamente, para volver a un estado supuestamente similar al original o, armonizando mediante veladuras pardas homogéneas como si se tratara de pátinas antiguas; b) Raspano todas las coloraciones que se suponen no originales, ya sea de una manera total dejando al descubierto la forma plástica pura o llevando la superficie a un estado intermedio de uso y confusión que sugiera el paso del tiempo y la historia.

Desgraciadamente, estas intervenciones comprometen seriamente las posibilidades de una Restauración rigurosa, haciendo además que la conciencia del significado formal y técnico de estos recubrimientos se haya difuminado y casi perdido.

En los recubrimientos exteriores, Baldi, Cordaro y Mora (35) piensan que por la naturaleza misma de su función se han de considerar como... "una piel a sacrificar"... que sufre la alteración y que han de ser rehechos antes o después porque representan un valor estético vinculado estrechamente al concepto arquitectónico. En los laboratorios no vinculados directamente a la Restauración, estas pátinas se suelen también leer, desvirtuándolas, como... "procesos naturales de cromatización"... o ... "sulfataciones procedentes de la contaminación atmosférica"... y, por esto, es necesario repetir que los recubrimientos de la piedra, "el cuero", son normales en la arquitectura antigua y no deben ser considerados únicamente como un efecto decorativo superficial, sino más bien como el resultado de una elección consciente para acentuar con su variedad las diferencias de relieve en los miembros arquitectónicos, contribuyendo así a determinar los diferentes planos de la especialidad de la obra, lo que las personaliza fuertemente. Además, suelen cumplir una función protectora de los materiales pétreos subyacentes y, por eso, en términos sencillos se dice que se aplicaron y se aplican para... "realzar y proteger".

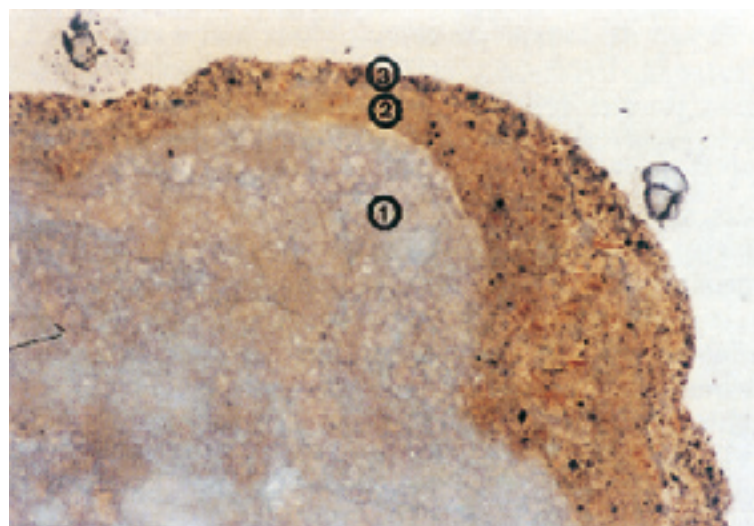


Fig. 16. Palacio de Dueñas, en Medilla del Campo. Capiteles del patio. Estado de superficie (80 aumentos).

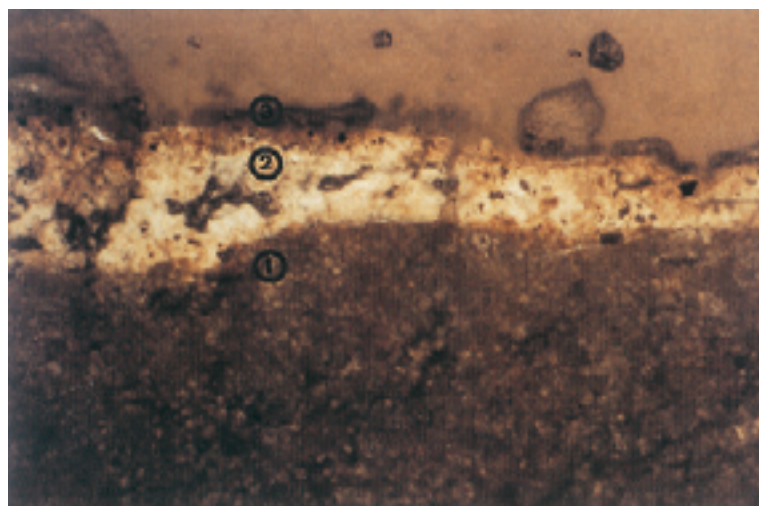


Fig. 17. Catedral de León. Ventanal en el lateral norte de la Torre del Reloj. Estado de superficie (240 aumentos).

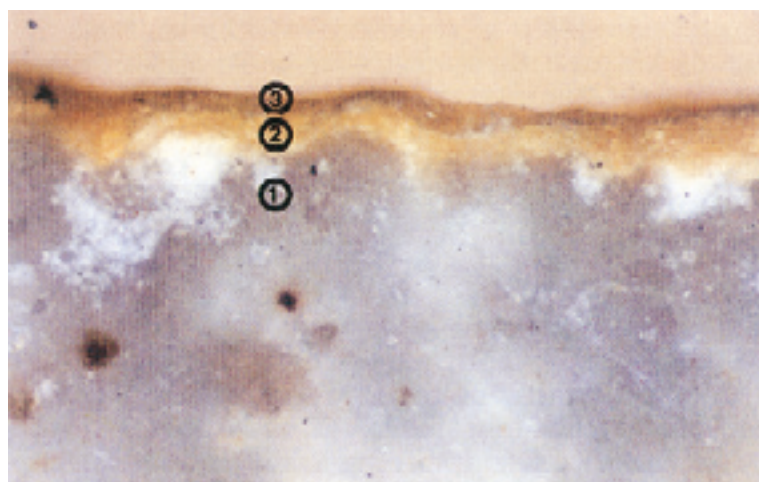


Fig. 18. San Hipólito de Támara. Portada lateral izquierda. Estado de superficie (240 aumentos).

## 5. CONCLUSIONES

Para las intervenciones arquitectónicas, el debate se establece hoy entre el gusto por los materiales vistos y la reconstrucción de los recubrimientos previa limpieza o picado de los paramentos dentro de un concepto de utilidad, de vida, de respeto a la esencia de lo arquitectónico, etc., pero olvidando evidentemente la verdadera dimensión cultural de los fragmentos originales que se conservaban hasta ese momento (36).

Para la Restauración, como ya dijo Philippot (4), el asunto no es, en forma alguna, la suma de cosas, de un color o de unas figuraciones a un soporte arquitectónico porque todo el trabajo crítico consiste precisamente en comprender la naturaleza propia de esta totalidad que es la arquitectura con sus formas coloreadas y cuya protección es la razón de ser de nuestro trabajo. El color, las figuracio-

nes arquitectónicas, cualifican el volumen y, cuando faltan, las lagunas son sólo relativas y se debe plantear la determinación de los niveles mínimos a partir de los cuales puede restaurarse la función y ya no puede serlo, por lo que cada caso sólo podrá ser resuelto con sensibilidad estética en alerta integral y un respeto constante del original tal y como nos ha llegado a través de la historia y de la que lleva sus marcas.

Pese a todas las críticas con que continuamente bombardeamos el concepto actual de Restauración; se mantiene aún vigente la metodología inaugurada hace más de cincuenta años y, aunque es previsible que más o menos pronto debamos sumar nuevos parámetros a los tres esenciales antes definidos, el objetivo esencial de "agotar el conocimiento" sobre los Monumentos seguirá siendo útil mientras dure la tarea de revisar críticamente los documentos trascordados de la Historia. ■

---

## BIBLIOGRAFIA y NOTAS

(1) Los aspectos técnicos de este tema fueron desarrollados más ampliamente en: Cabrera J.M. "Fábricas de piedra", en Conservación del Patrimonio Cultural de Castilla-León. Consejería de Educación y Cultura. Valladolid (1987), pp. 63-88. (2) Cabrera, J.M. "La conservación de la piedra en nuestros monumentos", en Actas del XXIX Congreso luso-español para el Progreso de la Ciencia. Lisboa (1970). En Informes y Trabajos del ICROA. Madrid. Vol. 11 (1970) pp. 51-58.

(3) Una argumentación más completa y una bibliografía general sobre los conceptos de Conservación y Restauración fue publicada en: Cabrera, J.M. "Conservación y Restauración", en 50 años de Protección del Patrimonio Histórico Artístico, 1933-1983. Ministerio de Cultura. Madrid (1984), pp. 45-53.

(4) Entre los estudios publicados sobre la evolución de la policromía desde la antigüedad hasta el siglo XIX, cabe señalar:

- Philippot, P. "La Restauration des Sculptures polychromes. Introduction historique en Réunion mixte des

Comités ICOM pour les Laboratoires des Musées et pour le Traitement des Peintures. Bruxelles 6-13, septembre 1967, pp. 30 (texto policopiado).

- Gómez Moreno, M.E. "La policromía en la escultura española", Madrid (1943).

- Martín González, J.J. "La policromía en la escultura castellana", en Archivo Español de Arte, vol. XXVI, pp. 295-312. Madrid (1953).

- Estudios de laboratorio sobre los materiales encontrados en esculturas policromadas españolas con preparación de yeso han sido publicados en:

- Cabrera, J.M. "Conservation et Restauration d'une sculpture Iberique en pierre polychromée, datant du IV émesiècle avant J.C., en ICOM-Conservation 3th Meeting. Madrid (1972).

- Cabrera, J.M. "Study of the materials and technique of the polychromated sculptured Spanish XVII century by Alonso Cano", en ICOM-Conservation, 3th Meeting. Madrid (1972).

(5) Cennino Cennini. "Il libro dell'Arte". Edt. Neri

Polla. Vicenza, 1971. Es un códice de la primera mitad del siglo XV que recoge las tradiciones técnicas de la pintura vigentes en esa época. En el capítulo CLXXIV nos dice... "Acontece al artista tener que saber trabajar enteramente en todo, especialmente en aquellas obras que le reporten honra; y por tanto, aunque no sea costumbre (entre los pintores) pero como yo lo he experimentado te lo enseñaré. Caerá en tus manos una figura de piedra, grande o pequeña, y tendrás que..." (describe todo el proceso técnico de los enyesados y policromía).

(6) "The Strasboug Manuscrit". Edt. Borrada. Londres (1966). (7) Theophilus "On divers Ans". Dover Publ. New York (1979). ver también en Dover Publications:

- Thompson, D.V. "The materials and Techniques of Medieval Paintings", pp. 39. - Laurie, A.P. "The Painter's Methods and Materials", p. 191. - Eastlake Ch. lo "Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters" (diversas referencias).

Merrifield, M.P. "Original Treatises dating from the XII to the XVIIth Centuries on the Arts of Paintings" (diversas referencias).

- Gettens, R.j. and Stout G. "Painting Materials: a short encyclopaedia", p. 257 Y otras referencias.

(8) Pacheco, F. "Arte de la Pintura". Instituto Valencia de D. Juan (1956). Edición del manuscrito original acabado el 24 de enero de 1638, realizada por Sánchez Cantón, F.

(9) Palomino, A. "El Museo Pictórico y Escala Optica", 3 tomos. Ed. AguiJar. Madrid (1947). Es una obra de principios del siglo XVIII.

(10) Doerner, M. "Los materiales de pintura y su empleo en el arte". Edt. Reverté. Barcelona (1965), pp. 236-281.

(11) Mayer, R. "Materiales y técnicas del arte". Ed. Blume (1985).

(12) Warland, E.G. "Constructional Masonry". Ed. Pitman and Sons. Londres (1945), pp. 190.

(13) Foerster, M. "Materiales de construcción". Edt. Labor (1953).

(14) Las técnicas de laboratorio para el estudio de micromuestras de pintura procedentes de obras de arte, han sido recogidas recientemente en: Art History and Laboratory "Scientific Examination of Easel Paintings", P.A.C.T. Vol. 13. Consejo de Europa, 1986. Para la técnica de las preparaciones microscópicas, ver en esta publicación: Cabrera Garrido, J.M. "Crosssections", Capítulo VIII, pp. 155-169; así como otros autores para ensayos de aglutinantes, etc. Véanse también en el Boletín del Museo del Prado y en el Informes y Trabajos del ICROA numerosas publicaciones del laboratorio sobre análisis de micromuestras, por Cabrera, J.M. y Garrido, M.C. procedentes de cuadros, escultura policromada en piedra y madera, etc.

Ver también:

- Cabrera, J.M. "Le Portail du Monastere de Santa María de Ripoll: étude scientifique pour sa Restauration", en MONUMENTUM (UNESCO-ICOMOS), vol. 1 (1966), pp. 79-98. En la página 97, en el apartado "Note de Laboratoire sur la polychromie du Portail de Ripoll" se muestra la composición en dos capas a base de blanco de plomo y cinabrio para la micromuestra estudiada que corresponde a la carnación del pie izquierdo del Pantocrator.

- Cabrera, J.M. "Sobre algunas particularidades tecnológicas en la Conservación de la escultura lítica exenta". Ponencia General al Symposium Interamericano de Conservación del Patrimonio Artístico, en Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico n. 4-5, p. 33 LN.B.A., México (1979). Se describen los enyesados y la policromía del Pórtico Occidental de la Catedral de León.

- Aunque no han sido publicados los análisis, en los archivos del laboratorio del Instituto de Restauración (ICROA), existen las micromuestras y los resultados analíticos de los enyesados monocromos del Portal de San Froilán de la Catedral de León y del enyesado con policromía de la Portada del Claustro, que está bastante bien conservada por estar en un interior. Igual sucede con los restos de enyesado y policromía que quedan en la Puerta Santa (al exterior) y en el Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela, mostrando actualmente este último un alarmante estado de alteración con desprendimiento de los enyesados y recubrimiento de algas verdes que acusan el elevado contenido en humedad del sustrato.

En interiores, son extraordinariamente frecuentes las preparaciones de yeso sobre relieves y esculturas de piedra. Cabe "señalar, entre los más recientes análisis efectuados, las policromías del convento de San Francisco en Baeza (definitivamente expuestas al exterior al no haber sido reconstruida la bóveda de Vandelvira) y las del ábside del convento de San Jerónimo en Granada. Como publicaciones de otros países, cabe señalar por el empleo del yeso:

- Alexandrini, G.; Bonecchi R.; Bugini, R.; Fedeli, E.; Ponticelli S.; Rossi, G and Toniolo, lo "Bramante in Milan: the Cascina Studics in Conservation, vol. 34, n. 2 (1989), pp. 53-66.

Con el uso del Albayalde" cabe señalar:

- Rossi-Manaresi, R, "The polychromy of the 13th Century stone sculptures in the facade of Ferrara Cathedral" en ICOM-Conservation 6th. Meeting Ottawa (1981). 5/3.

- Rossi-Manaresi, R. and Nonfarmale, O. "Report on the conservation of the porch of Ferrara Cathedral". Centro per la Conservazione de la Sculture all'aperto. Bolonia (1981).

- Furlan, V. et Pancella, "Portail peint de la Cathedrale de

Lausanne: Analyses pour une Restauration". Lausanne (1982).

- Favriere, J.; Zumstein, H. et Rioux, J.P. "Etude des sculptures de la Cathedrale de Sstrasbourg" en Annales du Laboratoire des Recherches des Musées de France (1978), p. 7.

- Rossi-Manaresi, R. and Tucci, A. "The polychromy o the Portals of the gothic Cathedral of Bourges" en ICOM-Conservation 7th. Meeting Copenhagen (1984) 5/1.

- Cabrera, J.M. opus cit. se estudian los recubrimientos de superficie con enyesado y color de los portales de algunas Catedrales españolas. Ver también en Cabrera, J.M. "Curso de Mecánica y Tecnología de edificios antiguos". COAM. Madrid, 1987, pp. 137-1'66.

(15) El alumbre añadido a la solución de cola en la proporción 1/10 le quita la propiedad de hincharse, haciéndola insoluble en agua. Eso es muy importante para los fondos o preparaciones de yeso o creta (carbonato de calcio), sobre los que se quiera pintar empleando agua para diluir, pues de lo contrario se ablandarían y disolverían; el alumbre se ha de añadir inmediatamente antes de su empleo, pero nunca el producto que quiera guardarse. La aplicación de estos fondos, por ser relativamente espesos, se efectúa con espátula o con pincel de pelo grueso, dejando visibles los depósitos de pasta en el interior (fe los relieves escultóricos. Esto también se ve en muchos cuadros del primer Renacimiento italiano y de forma espectacular en los cuadros de Velázquez posteriores a su primer viaje a Italia (ver en Boletín del Museo del Prado nuestro estudio sobre la Fragua de Vulcano y en particular la imagen radiográfica)...

Como el alumbre es muy soluble en agua caliente (a 100 grados centígrados se disuelven 357 parte de alumbre en 100 partes de agua) y poco soluble en agua fría (a 20 grados, sólo 15 partes de alumbre en 100 de agua), se aplica sobre la piedra en disolución concentrada y caliente, con lo que al enfriarse la disolución dentro de la piedra deposita gran cantidad de alumbre en el interior de los poros o sobre la superficie de los materiales diversos con que se operaba para impermeabilizar telas, etc.

Estas preparaciones de yeso son normales en toda la pintura y escultura policromada gótica de las escuelas del sur, aunque en Italia también se empleó mucho la creta y el albayalde como en las escuelas del norte de Europa.

El yeso, coloreado o no, se ha utilizado mucho en exteriores con unas tecnologías muy diferentes a éstas antes descritas, aunque a veces también se le agrega leche descremada (caseína), cola, etc. Lo más frecuente en construcción es la adición de alumbre para formar "yeso piedra" o la adición de borax para los

enlucidos de "blanco borra" que aún se usan aunque poco, e igual sucede con el tratamiento de superficie con "jaboncillo" (esteatita o a veces talco) según técnicas, aún en uso para los estucos, que se conservan muy bien descritas en, por ejemplo, Gran Diccionario Espasa Calpe, vol. 22 (estuco), vol. 19 (enlucido), vol. 4 (alumbre), vol. 70 (yeso) y otras, y también en publicaciones tales como:

- Miranda Sánchez, A. y Toré Martín, A. "La técnica tradicional del yeso en la región murciana", en YESO, Boletín informativo n. 50, vol. 2. INCE (1984), pp. 3-6.

(16) Cabrera, J. M. "Conservación y. Restauración de una escultura en piedra policromada del siglo IV antes de J.c." en Boletín de ICROA, vol. 12. Madrid (1972), pp. 23-34. En la superficie de las otras damas ibéricas que se conservan en el Museo Arqueológico Nacional, la Dama de Elche y la Dama del Cerro de los Santos, aparecen restos de estuco de yeso en los resguicios profundos de la labra (ver también nota 14).

(17) Vitruvio. "Los diez libros de la Arquitectura". Libro 7. Ver la nueva edición publicada por Edt. Akal. Madrid (1987) con importantes anotaciones de pie de página.\_

(18) Rude!, J. "Technique de la Peinture". Presses Universitaires de France, París (1950).

Maroger, J. "The secret Formules and Techniques of the Masters". Studio Publications, New York (1946).

(19) Petresco, C. "L' Art de la Fresque". Ed. Lefranc. Paris (1954).

(20) Citado por Lewin (ver nota 21). - Anónimo. "Stone-preserving processes" en The Builder, vol.

19, n. 941 (1861), pp. 103-105, dice que Mr. Ferrey ha aplicado la técnica de Sylvester a varios edificios de The New Houses of Parliement con buenos resultados.

- Heaton, N. "The Preservation of stone" en Journal of the Royal Soco of Arts, vol. 70 (1921), pp. 124-139, dice que: "Sylvester's method consists in dressing the stone first with a solution of Alun in water, followed by a solution of soft soap, both being used as hot as possible. The aluminium sale of the fatty acids is precipitate in the stone, and this is insoluble and tough, and forms a consolidating or binding agent... Up to die present, no more satisfactory material of chis type has been produced, and it has the advantage of being very economical and easily applied. 1 prefer ir, therefore, the other organic preparations for the reconsolidation of decared stone, although it is by no means a perfect preservative..."

- En España, las pocas referencias escritas que conocemos se deben a las investigaciones de la Dra. María José Alonso sobre los edificios de! Banco de España. Como ejemplo de utilización de la fórmula de Sylvester, cabe citar: Banco de España en Badajoz. Informe de!

Arquitecto de 16-4-1918. Archivo Histórico de! RE., Dir. Gral. Sucur. "... y como medida de protección (de la piedra de las canteras de Salamanca) se ha empleado una pintura al aceite, usada con excelente resultado en muchos edificios, pintura a base de estearato de alúmina...".

(21) Lewin, S.Z. "The Preservation of Natural Stone, 1839-1965" en *Art and Archaeology Technical Abstract*, vol. 6, n. 1 (1966), pp. 185-277.

(22) Stambolov, T. "Conservation of Stone" en *IIC Conference of Stone and Wooden Objects*, vol. 2. New York (1970).

(23) Mamillan, M. "Recherches récentes sur le nettoyage de façades en pierre calcaire", en *Supplément aux Annales de l'Institut Technique de Batiments et des Travaux Publics*, París, 1964, n. 199-200, pp. 858-888.

(24) Son muy numerosos los recetarios industriales que contienen fórmulas de todo tipo para los fines más diversos, de acuerdo con los conocimientos tradicionales. En España, el más importante y conocido es el de Hiscox-Hopkins "Recetario Industrial". Editado por Gustavo Gili.

(25) De! Monte, M. y Sabbioni, C. "A study of the patina called scialbatura on imperial Roman Marbles" en *Studies in Conservation*, vol. 32, n. 3 (1987), pp. 114-121. Atribuye la patina de oxalatos a la actividad bioquímica de los líquenes exclusivamente.

- Lazzarini, I. and Salvadori, O. "A reassessment of the formation of the patina called scialbatura" en *Studies in Conservation*, vol. 34, n. 1 (1989), pp. 20-26. Estudia diferentes patinas de oxalatos debidas a tratamientos antiguos con caseína y otros motivos.

- Cabe señalar a este respecto que los restauradores utilizan muy frecuentemente el ácido oxálico y los oxalatos para eliminar manchas ferruginosas sobre los mármoles y calizas blancas, lo que indiscutiblemente deja sobre la superficie restos de oxalato cálcico insoluble.

(26) Zehnder, K. and Arnold, A. "Stone damage due to formate salts" en *Studies in Conservation*, vol. 29, n. 1 (1984), pp. 32-34. Señalan la presencia de abundantes sales de formiato cálcico tras una intervención de limpieza con ácido fórmico. (27) Mora, P.; Mora, I. and Philippot, P. "Conservation of Wall Paintings". Ed. Butterworths (1984), pp. 342-343. La primera comunicación sobre el uso de esta fórmula denominada "PAPETTA" fue con motivo de! 5th Meeting ICOM-Conservation en Zagreb, aunque no puede ser verificada ahora la sigla y pp. exactas.

(28) Mora, P. *Opus cit.*, pp. 216-244..

(29) Grisson, C.A. and Weiss, N.R. "Alkoxysilanes in Art and Architecture 1861-1981" en *Art and Archaeology Technical Abstracts*, vol. 18, n. 1 (1981), pp. 149-202.

Da los nombres de los principales productos y la dirección de los fabricantes junto con las referencias más importantes de su empleo en monumentos.

(30) Guidobaldi, F. "Inquinanti atmosferici e possibili effetti sui materiali artistici ed archeologici" c.N.R. *Conservazione dei Monumenti*. Edt. Barbieri (1976), p. 14.

- Frediani, P.; Manganelli, C.; Matteoli, U.; Piacenti, F. y Tiano, P. "Perfluoropolyethers as water repellents for the protection of stone", en 6th. Meeting ICOM-Conservation Ottawa, 1981. 10/8.

- Frediani, P.; Manganelli, C.; Matteoli, U. and Tiano, P. "Use of Perfluoropolyethers as water repellents: study of their behaviour on Pietra Serena, a Florentine building stone" en *Studies in Conservation*, vol. 27 n. 1 (1982), pp. 31-37.

(31) Mora, P. y Mora, I. "Le superfici architettoniche, Materiale e Colore. Note ed esperienze per un approccio al problema del Restauro", en *Il Colore nell'edilizia storica*. Supplemento n. 6 (1984). *Bolletino d'Arte del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali*.

(32) Feilden. "Conservation of Historic Building". Ed. Butterworths. London, 1982, pp. 333.

(33) Carta del Restauro, 1972. Instituto Centrale dell' Restauro. Roma. Traducida al español en "50 años..." (ver nota 3).

(34) Rossi-Doria, P.; Tobasso, M. y Torraca, G. "Nota sui trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapidari" en *Atti ICR-Laboratorio Prove su Materiali*. Roma, 1977.

(35) Baldi, P.; Cordaro, M.; Mora, P. y Mora, I. "Architecture-Couleur" en *Symposium 1981. ICCROM*. Roma, pp. 133.

(36) Cabrero Garrido, F. "El cambio de uso en la recuperación de edificios históricos". en "Recuperación de Edificios Históricos para usos Turísticos", TECNIBERIA, Madrid (1986), pp. 36: "Un ejemplo está en las actitudes pragmáticas ante la recuperación de edificios barrocos en los que parece incuestionable, casi axiomático, el hecho de la doble dimensión cultural y tecnológica de la práctica del revoco en los edificios españoles de los siglos XVI y XVII (de los que podrían citarse muchos casos en el ámbito de los Paradores y de edificios recuperados en general para usos turísticos), y ante el cual los restauradores y todo tipo de actuaciones de recuperación propenden a resucitar las imágenes fidedignas, contemplándose como un delito estético no recubrir los viejos muros de piedra o ladrillo con pinturas, revocos, chapados, como si la realidad de haber sido acabados camuflando la construcción básica de! edificio condenara sin remisión a la invocación inexorable de las primitivas imágenes. Creo que éste es, y no otro, el auténtico dilema crítico de toda experiencia en la recuperación de edificios históricos".



(37) Doerner, Max. Opus cit. . Edición original alemana. Stuttgart (1921), pp. 385.

Al tratar de los daños y esfoliaciones causados sobre las esculturas en piedra y madera policromadas, por los repintados con óleo dados en el siglo XIX dice: "Este sobrepintado no se practicó siempre por la falta de fragmentos. Hay efectivamente toda una serie de valio-

sas figuras policromadas, perfectamente conservadas, que no fueron retocadas, sino simplemente pintadas en gris de piedra. El gusto clasicista de la época podría quedar satisfecho con el alegre colorido gótico, barroco o renacentista, y creía además tener el derecho y la obligación de pintar las figuras por entonces en gris".

## 2.5 Técnicas de valoración y protección de las figuraciones arquitectónicas en Piedra



El objetivo principal de este artículo no es desarrollar exhaustivamente todos los pormenores tecnológicos de una materia que es muy amplia y está en continua evolución, sino más bien articular algunos conocimientos básicos, teóricos y prácticos, en función de la metodología general desarrollada para los restauradores, colaborando en el intento de integración práctica de las diversas disciplinas al servicio del Patrimonio Cultural (1).

Bajo el punto de vista capital de la preservación del Monumento y como aplicación de conocimientos diversos a esa conclusión de orden práctico, la Restauración utiliza la experiencia interdisciplinar combinada con respecto al objeto como un camino para explorar y descubrir cuantos conocimientos sobre nosotros mismos quedan impresos en la materia de los objetos antiguos.

La mayor parte de los progresos realizados por la Restauración en las últimas décadas, se han atribuido (4) precisamente a esta participación en el proceso de la crítica histórica, para su interpretación renovada por el estudio de los documentos materiales del Patrimonio Cultural, como un trabajo interdisciplinar, realizado con metodología arqueológica, que suma el conocimiento de materiales y técnicas con las consideraciones estéticas.

Desde el punto de vista práctico, estas ideas básicas no han sido igualmente seguidas por los distintos sectores profesionales implicados en la conservación del Patrimonio, de tal forma que sólo en la Restauración de pinturas y objetos procedentes de excavaciones arqueológicas, dentro del marco de los grandes Museos bien equipados se reúnen actualmente esos tres elementos esenciales que conforman la metodología aludida. En la Restauración de Monumentos dominan frecuentemente las exigencias de carácter estético y, para los elementos que acompañan a la Arquitectura, la consideración es muy baja pues sólo se suele pedir su conservación material aunque en muchas ocasiones se renueven, se reemplacen o se eliminan si no se acomodan a las exigencias artísticas prioritarias.

Nuestra misión es comprender el aspecto material de los objetos con significación histórico-artística, mediante una aproximación crítica y analítica congruente con un espíritu científico comprometido, pero resulta evidente que, en muchos casos, esta metodología humanista no es aceptada por la creciente preponderancia de las exigencias administrativas que introducen poderosos factores pervertidores de la justificación misma de su propia razón de ser al servicio de la Conservación. Muchas perversiones nacen de

“la utilidad a ultranza”, de la valoración del Monumento por su presencia (por lo que de útil u ofensiva nos resulte su existencia) y no por sus valores esenciales independientes y lejanos de la mercadería del momento.

Este estado de cosas se explica como una limitación en el desarrollo de la sensibilidad y nos exige un mayor esfuerzo hacia la convergencia de los conocimientos históricos, artísticos y científicos, compaginando la abstracción de la teoría y el empirismo de las recetas en una sensibilidad despierta capaz de insertar adecuadamente la intervención en la personalidad nosológica del Monumento en tanto que testimonio de la Historia (2).

#### LIMPIEZA y PROTECCIÓN: SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA

Mantener limpios los Monumentos no es sólo una exigencia estética sino también una necesidad técnica para la conservación de los materiales, debiendo intervenir periódicamente dentro de los programas de mantenimiento.

En contra de las razones de los restauradores, cada día se aplican más los distintos procedimientos industriales, que tienden a liberar la superficie de todas las sustancias adheridas a la piedra (31), lo que hace que desaparezca la superficie original de los Monumentos que constituye el elemento más destacado de su significación histórica. Por esto, muchos Monumentos están siendo alterados más o menos intensamente.

El Profesor Fielden (32) explica con claridad que ...“en todas las operaciones de limpieza, la superficie original de la piedra debe ser respetada junto con su pátina de edad”..., y la Carta del Restauo de 1972 (33) especifica que ...“la pátina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas y aun técnicas, por cuanto desempeña normalmente una función protectora, como demuestra el que la corrosión suele comenzar

en las lagunas de la pátina. Se puede eliminar la materia acumulada sobre la piedra (detritus, polvo, hollín, excrementos de palomas, etc.) usando solamente cepillos vegetales o chorro de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas y en general debe excluirse todo chorro a elevada presión ya sea arena natural, agua o vapor, desaconsejándose el lavado de cualquier tipo”.

Insistiendo en la devaluada línea de dar recetas, Rossi-Doria, Tabasso y Torraca (34) dan listas de los sistemas y productos... “que pueden recomendarse”... y de los que ...“no pueden ser recomendados”..., dedicando un interés particular a la primera regla del Restaurador que consiste en controlar minuciosamente la estabilidad de la capa superficial, procediendo a la fijación de las zonas en peligro de desprendimiento, ya sean fragmentos del soporte o de los estucos de superficie, antes de iniciar cualquier proceso de limpieza.

Se cree firmemente que en los Monumentos se deben excluir los sistemas industriales. La limpieza tiene como fin hacer legible la superficie para restituirle su significado y es siempre una operación delicada porque es irreversible. Si bien el principio es sencillo, resulta a menudo difícil de realizar ya que el estado que se procura alcanzar con la intervención depende en gran medida de los mensajes de que es portador, que son de muy diversa índole y a veces poco perceptibles a simple vista, por lo que un tratamiento imprudente puede destruirlos. Por esta razón, más allá de la definición de métodos procedentes o no, lo que realmente importa saber es el estado de superficie que se quiere alcanzar y llevarlo a efecto con los recursos adecuados. Si por razones de moda, culturales o políticas, hemos de descarnar la piedra, actuaremos con unos procedimientos, pero si lo que se quiere es respetar los documentos materiales que la evolución cultural ha ido

depositando en los paramentos interiores y exteriores de nuestros Monumentos, hemos de convenir en que la limpieza sólo puede encomendarse a quienes comprendan la naturaleza de los mensajes contenidos en esas superficies y sepan restaurarlos, pues no existen métodos ni productos que resuelvan por sí solos la falta de criterio de un operador poco o mal instruido.

Los tratamientos de superficie en las piedras de los Monumentos, el color en las figuraciones arquitectónicas hechas con piedra e incluso la policromía o monocromía de la escultura de las portadas Románicas, Góticas, etc., se han minusvalorado, ignorándose el problema arqueológico y crítico, actuando principalmente de las siguientes formas: a) repintándolo todo imitando el original; b) raspándolo todo por superponerlo no original, dejando la forma plástica pura; e) limpiándolo a medias y patinando a medias para crear así un confuso estado de uso que sugiere el paso del tiempo y la historia.

Desgraciadamente, estas intervenciones comprometen seriamente las posibilidades de una Restauración rigurosa, haciendo además que la conciencia del significado formal y técnico de estos recubrimientos se haya difuminado y casi perdido.

En los recubrimientos exteriores, Baldi, Cordaro y Mora (35) piensan que por la naturaleza misma de su función se han de considerar como ..."una piel a sacrificar"... que sufre la alteración y que ha de ser rehecha antes o después, porque representa un valor estético vinculado estrechamente al concepto arquitectónico. Para Félix Cabrero (36), el auténtico dilema crítico de toda experiencia en la recuperación de edificios históricos se encuentra en las actuaciones que ..."propenden a resucitar las imágenes fidedignas, contemplándose como un delito estético no recubrir los viejos muros de piedra o ladrillo con pinturas, revocos, chapados, como si la realidad de haber sido acabados camuflando

la construcción básica del edificio, condenara sin remisión a la invocación inexorable de las primitivas imágenes"... (trata "...de edificios barrocos en los que parece incuestionable, casi axiomático, el hecho de la doble dimensión cultural y tecnológica de la práctica del revoco"...).

Actualmente, con la introducción de Laboratorios inexpertos en la tecnología de la construcción, las pátinas se suelen leer, desvirtuándolas, como ..."procesos naturales de cromatización"... o..."sulfataciones por la contaminación atmosférica"... o aun ..."efecto de líquenes y bacterias"... ignorando totalmente que, casi todas esas pátinas son, en el sentido fuerte de la palabra, acciones de los hombres y no excrecencias botánicas ni precipitados atmosféricos. No son cosas que nacen del aire, son pedazos de vidas humanas, siempre historia de vida y, por tanto exigencia intelectual, científica, metodológica pues son la mismísima historia.

Nuestro criterio es que los recubrimientos de la piedra, "el cuero", que son normales en la arquitectura de todos los tiempos, se deben conservar. No deben considerarse únicamente como un efecto decorativo superficial, sino más bien como el resultado de una elección consciente para acentuar con su variedad las diferencias de relieve en los miembros arquitectónicos, contribuyendo así a determinar los diferentes planos de la espacialidad de la obra, lo que los personaliza fuertemente. Además, suelen cumplir una función protectora de los materiales pétreos subyacentes y, por eso, en términos sencillos se dice que se aplicaron y se aplican para.. "realzar y proteger"... (12).

## ESTADOS DE SUPERFICIE EN ALGUNOS MONUMENTOS ESPAÑOLES

Los materiales de construcción y la piedra en particular, han recibido en muy diversas épocas tratamientos de superficie, tanto en los

paramentos de las fábricas como en molduras, comisas, figuraciones, arquitectónicas y esculturas en general. En casi todos nuestros Monumentos se conservan abundantes testimonios y son espectaculares en casi todas nuestras Catedrales y Monumentos de la Iglesia que no han sido “restaurados” (ver particularmente las Catedrales de Granada y Málaga, la Basílica de Loyola, etc...).

En los tratados de técnicas pictóricas aparecen referencias suficientemente explícitas, como por ejemplo en Cennino Cennini (5) el Manuscrito de Estrasburgo (6), el Monje Theophilus (7), en Doerner (10), Mayer (11), etc.

Estas técnicas también aparecen, pero de forma muy incompleta, en tratados de cantería y de construcción como el de Warland (12) o el de Foerster (13) respectivamente. Sobre el tema relativo a la existencia de Yeso en la superficie de muchas construcciones de piedra caliza, arenisca e incluso granítica en Galicia (que los investigadores atribuyen sistemáticamente a la contaminación atmosférica), Warland escribía en 1945 que ...“Fijada la piedra a la construcción, conviene cubrirla con una mezcla de piedra triturada y un poco de Yeso, para conservarla limpia y evitar la formación de una película sobre la misma, que de quitarla luego disminuye su duración; además, de este modo la fachada, una vez terminada, presenta un aspecto más uniforme”... (12, p. 178).

Las tradiciones técnicas anteriores a 1437 están recogidas en el Libro del Arte de Cennino Cennini (5) y, en lo que se refiere a la escultura en piedra de interiores y exteriores, coincide con lo que encontramos en los Monumentos españoles que hemos podido estudiar, tales como: 1) Todos los Portales de la Catedral de León (el de Poniente, el de San Froilán, el Portal Norte que conserva bastante bien la policromía, y el pequeño que da paso al Claustro con enyesado monocromo como el de San Froilán); 2) la Portada del Obispo

de la Catedral de Palencia; 3) el Portal Norte de la Catedral de Avila; 4) la Portada de los Apóstoles de la Catedral de Valencia; 5) la Portada de Santa María de Aranda de Duero; 6) la Portada del Perdón de la Catedral de Málaga; 7) el Portal de la Catedral de Oviedo; 8) los relieves policromados de San Francisco de Baeza; 9) los relieves policromados de San Gerónimo de Granada; 10) Puerta Santa y Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela; 11) terracotas de la Puerta del Perdón de la Catedral de Sevilla, principalmente. En todos estos Monumentos hemos tomado micromuestras de las superficies esculpidas y las hemos analizado con la misma metodología y técnicas que empleamos rutinariamente para el estudio de los cuadros, esto es, mediante pruebas microquímicas para los elementos minerales, ensayos de tinción para los aglutinantes orgánicos y examen microscópico de láminas delgadas para determinar la estructura y la función de las distintas capas superpuestas según las diferentes zonas y colores (14), analizando también por Difracción de Rayos X algunos componentes específicos como los “enyesados”, a fin de determinar el tipo de Yeso y de arena así como una estimación semicuantitativa de las proporciones de la mezcla, comparando los resultados con los enyesados hispanoflámencos de la pintura y escultura en madera, con las preparaciones de yeso de nuestra escultura policromada castellana y andaluza del siglo XVII, e incluso con el Yeso de la policromía de la escultura Ibérica (16) como el de la Dama de Baza, del Siglo IV antes de J. C.

Cennino Cennini inicia el trabajo limpiando bien la escultura y dándole una o dos manos de cola bien caliente, dejándola luego secar. A continuación, se hierva aceite de linaza con carbón de roble y 1/3 de barniz, se le echa mordiente, se separa el carbón y se mezcla todo bien, dándolo muy caliente con igualdad por todas partes, con un pincel de

cerdas grueso. Se deja secar bien al aire y al sol y se aplica bien caliente y con esponja un temple de cola y yema de huevo (una yema por cada vaso de cola) y, finalmente, con temple de yeso fuerte y cola, enyesa la figura añadiendo yema de huevo y un poco de polvo de ladrillo, dándolo con espátula y dejando secar (15). Finalmente dice, "...y si por acaso algún trabajo tal hubiera de estar expuesto al agua, barnízalo; no será tan hermoso, pero sí más resistente"

Los análisis realizados demuestran que en todos los Monumentos antes citados existen recubrimientos con preparación de Yeso similar a la descrita datos que expondremos durante la intervención oral y a la vista de las imágenes.

Como ejemplos muy destacados de recubrimiento con estuco de cal de paramentos exteriores de sillería, podemos señalar las Catedrales de Granada y Málaga, así como la Basílica de Loyola en Azpeitia, fábricas hechas en el siglo XVII. De la tosquedad de la piedra de Málaga pasamos a la gran finura de la caliza gris de Azpeitia, casi marmórea, conservando el estucado de todos sus paramentos con lechada de cal muy fina o mortero de cal y arena en determinadas zonas, tratados en superficie con caseinato y albero; en Loyola, la superficie está también impregnada con aceite, lo que probablemente se debe a una actuación más reciente.

La aplicación periódica de productos naturales ha sido probablemente el sistema de mantenimiento utilizado en grandes períodos de la Historia. En Vitruvio (17) leemos que "...mezclando a la cal heces de aceite, al endurecerse no permite que el agua penetre"... y que "...a fin de que el mortero no padezca con las heladas, se deberá reparar todos los años antes del invierno, cubriendo con heces de aceite la cal"...

En los libros de estudio de nuestros albañiles y canteros, como por ejemplo aquellos de los años 50 de la Editorial Labor, el Foerster

(13) por ejemplo, aunque se simplifican las recetas más antiguas, se enseña que "...en la pulimentación de las rocas feldespáticas aglomeradas se aconseja atacar primero la superficie con unas gotas de aguafuerte o de ácido sulfúrico"... o que, para quitar el brillo de las piedras blandas se utilizan "...los ácidos Clorhídrico o Nítrico o el ácido Fluosilícico concentrado"... o que, "...para la tintura artificial se recomienda el Fluato de color... la Durolite líquida de uso en nuestro país"... o el empleo de "...Testalina, con solución alcalina de jabón y luego Acetato de Alúmina"... o aun "...barniz al óleo... aplicado en caliente"... o "...parafina fundida o disuelta en Eter de Petróleo, manteca de caucho o aceite mineral cargado de Parafina"... o aun, volviendo a los morteros de cal, "...Los revoques frescos, de cal, deben tratarse con agua y jabón, a la que se adiciona Alumbre o ácido Bórico, para neutralizar la acción corrosiva de la cal"... o "...impermeabilización de areniscas, primero tratándolas con solución caliente de vidrio soluble y luego con Cloruro Bórico"... y para dar coloraciones especiales "...añadiendo un poco de vitriolo verde... por la acción del oxígeno del aire toma el color tostado del hidróxido de hierro; el acetato de plomo y el dicromato potásico dan un color amarillo intenso, una sal de hierro, y el ferrocianuro potásico dan el azul, el sulfato de cobre y el dicromato potásico-dan el rojo, etc..."

Rudel (18) utiliza la mezcla de caseína de leche con cola y, Petresco (19) una emulsión de potasa, cera de abejas, resina Dammar y Amoníaco, en la línea de lo que pudo ser la técnica pompeyana de la encáustica, emulsionando con cenizas de plantas el agua y la cera. Doerner (9) también señala el empleo de cola insolubilizada con Alumbre o con Taninos y, Sylvester (20), desde 1861, trataba la piedra impregnándola con disolución caliente de Alumbre y aplicando seguidamente aceite o grasas, obteniendo así el Estearato de Alúmina (también se hizo con el Zinc) que

se aplicó con gran profusión y buenos resultados durante más de medio siglo. Aunque el Alumbre se ha empleado desde los tiempos más antiguos para tratar multitud de materiales (imperbeabilizante, curtiente, ignífugo, mordiente, etc...), su utilización creció notablemente desde el siglo XIII, al instalarse fábricas del producto purificado. Lewin (21) ha recogido las patentes inglesas y la mayor parte de las noticias bibliográficas de su empleo sobre la piedra entre 1839 y 1965, período en el que Inglaterra y Alemania han producido muchos productos para el tratamiento superficial de las piedras de construcción, algunos de ellos muy perjudiciales cuando se usan de forma incorrecta, como los Silicatos alcalinos, que producen sales muy peligrosas que se han de extraer o neutralizar, durante el proceso de hidrólisis que deposita la sílice.

Entre otros muchos de los Monumentos españoles cuya superficie hemos podido estudiar (de lo que ya se ha dado noticia en publicaciones anteriores) (1), cabe destacar, 1) los Portales de la Coronería, Sarmental y Pellejería de la Catedral de Burgos; 2) el Portal del Mirador de la Catedral de Palma de Mallorca; 3) las Portadas de San Gregorio y de San Pablo de Valladolid; 4) el patio del Palacio de Dueñas en Medina del Campo, acusando todas ellas la presencia de Yeso y Ocre (o polvo de ladrillo), ligados con una sustancia óleo-proteica (que muy probablemente se impregnó con Alumbre férrico, en las Catedrales de Burgos y Palma de Mallorca), apreciándose también en algunas de las preparaciones microscópicas la superposición de capas como consecuencia, sin duda, de operaciones de mantenimiento más tardías.

También queremos referimos, aunque es cosa que ya ha sido publicada, a nuestros estudios de superficie sobre 5) los canecillos originales de San Martín de Frómista; 6) la portada lateral de San Hipólito de Tamara; y 7) el borde superior del ventanal de la cara norte de la Torre del reloj de la Catedral de

León, viéndose en todos ellos sobre la piedra calcárea (caliza del Páramo y dolomita de Boñar respectivamente) una capa muy fina de caliza sulfatada y encima otra translúcida con abundantes lípidos, todo lo cual nos hace pensar que han podido recibir un tratamiento superficial con la técnica de Sylvester.

## PROCEDIMIENTOS DE INTERVENCIÓN: MATERIALES Y TÉCNICAS

### Limpieza

Técnicamente, conviene establecer una distinción entre los conceptos de "suciedad" y "retención de la suciedad". El primero está provocado por el mundo exterior, mientras que la retención es una característica del material, aunque la importancia del fenómeno depende de ambos. La composición química y la morfología de las partículas de suciedad, así como la forma en que llegan sobre la piedra, son cuestiones importantes para el estudio del problema. Respecto a la retención de la suciedad, en el caso simple es de naturaleza mecánica para las partículas más grandes que se limpian más fácilmente, pero generalmente también actúan fuerzas de Van der Waals y de Coulomb que fijan fuertemente la suciedad sobre la superficie de las piedras. La oleofilia es muy importante para los alquitranes y aceites de la polución atmosférica, y también influyen la textura y las irregularidades de la superficie.

Para la limpieza manual se suelen utilizar sustancias químicas capaces de ablandar, la suciedad, facilitando la acción de los métodos mecánicos. En esta línea se utilizan productos de naturaleza ácida o alcalina, así como limpiadores orgánicos capaces de eliminar grasas o aceites por su pequeña tensión superficial o por ser suficientemente solubles o hinchables por ellos. Asimismo, las manchas por metales como el hierro o el cobre, son eliminables con la ayuda de reactivos químicos apropiados. También resultan útiles

las formulaciones en forma de pasta, capaces de desprender la suciedad y absorberla durante el secado, siendo los polvos más utilizados en formulaciones acuosas el Almidón, Carboximetilcelulosa, tiza, harina, Talco, Carbonato Magnésico, Silicato Magnésico, tierra de Diatomeas, Atapulgita, Bentonita, etc. Cuando se emplean disolventes orgánicos, los espesantes utilizados actualmente son Bentonitas, unos productos obtenidos por transformación de la Bentonita capaces de esponjarse bajo la acción de disolventes orgánicos. Las pastas limpiadoras se aplican en capas de unos 3 mm. de espesor y, como en todas las prácticas de limpieza, los técnicos saben que los mejores resultados se suelen obtener utilizando concentraciones bajas en vez de altas y procediendo gradualmente.

Entre los limpiadores alcalinos utilizados en los Monumentos destacan por sus malas consecuencias la Sosa y la Potasa, por lo que se consideran muy peligrosos, así como los demás productos de pH mayor de 8, pero no sucede así para el Amoníaco que forma parte de las formulaciones más eficaces y utilizadas.

El empleo de ácidos en la limpieza de Monumentos no debe recomendarse, aunque en la bibliografía se encuentran ejemplos de utilización de Acido Fosfórico al 5 % seguido de lavado con Amoníaco, o de Acido Fluorhídrico del 3 a 10 % lavando y cepillando seguidamente. Los productos a base de Fluoruro Acido de Amonio son los limpiadores preferidos en Francia para la piedra caliza vista (22), pues los estudios de Mamillan (23) sobre diez productos comerciales, han hecho que los especialistas se sientan tranquilos con su empleo en calizas, aunque no pueden aplicarse sobre areniscas ni ante recubrimientos antiguos de ningún tipo y también se teme sobre la acción catalítica del Flúor en los procesos de envejecimiento de las superficies tratadas. Los disolventes orgánicos quitan bien los materiales bituminosos tales como alquitrán, aceite, pintura, tinta, etc., dando

buen resultado una mezcla de Benceno, Amoníaco y Metanol. El aceite de lino cocido, muy utilizado antiguamente y también en la actualidad como por ejemplo en Santillana del Mar para la protección de los exteriores frente a la lluvia, se extrae con una disolución de Treitanolamina y Metanol (1:3), con Piridina, Morfolina, Tetralina, e incluso con Polietilenglicol (Carbowax de Unión Carbide Beco). Los derivados de Dimetilsilicona reemplazan al aceite y, los hidrocarburos alifáticos tales como el N-Hexano y N-Decano son igualmente activos. Las manchas de aceite se impregnan primero con petróleo, luego se cubren con pasta absorbente saturada del disolvente, la cual se tapa con un film de Polietileno o Celofán para evitar la evaporación rápida, con lo que al cabo de un cierto tiempo se deja secar y se elimina la costra por cepillado ayudándose con un aspirador. Igual se hace con Blanco de España y disolventes tales como Acetona, Tolueno, Amiloctano, Acetato de Amilo, etc... solos o mezclados.

En muchos casos, los recubrimientos de superficie realizados con técnicas pictóricas pueden ser de naturaleza muy variada a base de temple, emulsiones, encáusticas, óleos, etc. Para su limpieza, los Restauradores de los países del Norte de Europa utilizan preferentemente formulaciones simples de acción lenta, basadas en el White Spirit como diluyen te, que sustituye a la Trementina empleada hasta hace poco. El IRPA de Bruselas recomienda normalmente: 1) W. S.: Isoctano 1:1; 2) W. S.: Xileno 1:1; 3) W. S.: Acetona 1:1; 4) para la limpieza de técnicas conteniendo polisacárido, Acetato de Etilo: agua: Piridina 2:2:1. En España están muy extendidas las recetas italianas conocidas como... "de las 3 A"... "de las 4 A"... "de la mixta", etc. (Acetona, Alcohol, agua, Amoníaco y Diacetonaalcohol para regular la velocidad de evaporación). También se emplea una mezcla de Alcohol Etílico, Acetona, Dimetilformida, Butilamina, Amoníaco (5:5:5:1:1) y cantidades variables



de Acetato de AmBo. Para la limpieza de temple se emplean mezclas de Acetato de Amilo y Butilamina y, para los fondos de oro se añaden una o dos gotas de Acido Fórmico por cada centímetro cúbico de Dimetilformamida. Como modificaciones plastificantes o espesantes, se usan mezclas de Etilcelulosa (5 %), Cera de abejas (2 %), Glicerina, Eftalato de Butilo (para la N-Metil-2-Pirrolidina), aunque muchos prefieren un poco de barniz natural o acrílico. Los Restauradores recurren también muy frecuentemente al empleo del Dekapan comercial, solo o potenciado con Cloruro de Metileno y Alcohol Etílico, que hincha bien las capas de pintura de una en una.

Las manchas por metales tienen particular importancia en superficies blancas de mármoles y calizas. Su limpieza se basa en la acción de distintos productos químicos capaces de oxidar, reducir o formar complejos con los iones metálicos responsables de las diferencias de color. Las manchas de Hierro son un tema extraordinariamente frecuente que exige la aplicación de disoluciones de Citrato Sódico o Amónico, Tartrato Sodiocopotásico, Oxalato Amónico, ácido Fórmico, ácido Sulfámico, etc. Oxalatos (25) y Formiatos (26). También se recomienda la aplicación sucesiva de pastas a base de sulfuro Amónico y Cianuro Potásico, pero su empleo es peligroso por el carácter venenoso de este último.

Una de las formulaciones más utilizadas es la mezcla AB57 puesta a punto por Mora (27) para eliminar las concreciones insolubles y que también es eficaz para disolver las formaciones de Sulfato Cálcico de poco espesor. Está compuesta de Bicarbonato Amónico (30 gr.), Bicarbonato Sódico (50 gr.), EDTA (25 gr.), Carboximetilcelulosa (6 gr.) y agua hasta 1 litro.

### Consolidación y protección

Son muchos los trabajos de revisión y síntesis sobre los productos utilizados para la fijación, consolidación y protección de la superficie

de los Monumentos pero, desde el punto de vista de este trabajo cabe destacar el realizado por P. Mora, L. Mora y P. Phillippot (28) aplicable por extensión al color de las figuras arquitectónicas. Revisan los siguientes productos: 1) fijativos orgánicos tradicionales tales como la leche, yema de huevo, aceites secantes, resinas naturales, cera y parafina, colas animales y gomas naturales y dextrina; 2) fijativos inorgánicos, tales como los Silicatos Alcalinos, Fluosilicatos, Silicato de Etilo, solución de Hidróxido de Bario, Agua de Cal con Bicarbonato de Calcio de pH = 6 y concentración de 1.100 mg./litr.; 3) fijativos a base de resinas sintéticas del tipo Poli-Acetato de Vinilo, PoliCloruro de Vinilo, Poli-Alcohol Vinílico, Poliacrilatos y Metacrilatos, Poliestireno, Polietileno, Polipropileno, Nylon, Poliacetales, Poliglicoles, derivados de la Celulosa y Ceras Microcristalinas. Ahora nos limitaremos a los que de forma más generalizada se están aplicando actualmente sobre los Monumentos españoles y que esencialmente son: Siliconas, Esteres Silícicos, Fluosilicatos, Resinas Acrílicas, Ceras Microcristalinas y Perfluoro-poli-éteres principalmente.

Las Siliconas utilizadas en construcción hacen hidrófobas las superficies tratadas, siendo permeables al vapor de agua y a los gases. Esencialmente son de dos tipos: 1) las resinas de silicona con grupos hidróxilo y alkóxilo que se aplican disueltas en disolventes orgánicos; y 2) las disoluciones en agua de Siliconato de Sodio. Las primeras actúan por hidrólisis atmosférica del grupo reactivo y condensación de alguno de los productos intermedios de la reacción, con lo que la resina reacciona entonces, bien sea con los grupos hidróxilo del material pétreo poroso o con el agua absorbida sobre la superficie mineral, conduciendo a una unión de valencia primaria entre la resina y la piedra. En las disoluciones acuosas de siliconato, la hidrólisis de la sal provoca una ligazón entre el siliconato y la superficie mineral, pero la gran cantidad

de sales alcalinas liberadas recomiendan evitar su uso. En materiales pétreos carentes de Silicatos, sólo se logra una absorción física entre la resina y la piedra, por lo que, para las calizas, se recomienda tratar previamente la superficie con un compuesto de Silicio (Ester Silícico o Fluosilicatos). La permeabilidad de las películas de Siliconas al vapor de agua y su carácter de inercia química permiten aceptar que, en condiciones normales, la protección puede durar bastante tiempo, pero, cuando están expuestas al agua con reacción alcalina (frente al mar, industrias, etc.) pierden su eficacia en muy pocos años.

El Ester Silicio más comúnmente usado desde 1861 para los materiales pétreos porosos es el Silicato de Etilo que impregna bien, tiene importancia como endurecedor y procura una hidrofobación aceptable de las superficies tratadas. En contacto con el agua se hidroliza en Alcohol Etilico y gel de Acido Silícico, pero muchas firmas comerciales lo presentan parcialmente hidrolizado en Ciclohexanona, Glicol o Tetralina, a fin de que la precipitación con la humedad sea más rápida y el Acido Silícico adhiera bien sobre las superficies tratadas. La utilización de los Alkoxysilanos en la conservación de arte y arquitectura ha sido revisado por C. A. Grissom y N. R. Weiss (29) entre los años 1861 y 1981, suministrando la lista de los principales fabricantes y las principales referencias de empleo en Monumentos.

El Acido Fluosilícico es un ácido fuerte capaz de producir efervescencia con los materiales calcáreos, generando una costra de Fluoruro Cálcico y de Sílice. La reacción es muy enérgica, ya que los productos comerciales tienen una relación F:Si mayor de 6 con lo que la fuerte acidez crea costras que tienden a cristalizar. Los Fluosilicatos están disponibles comercialmente en España y son muy utilizados por las empresas vinculadas a la tecnología alemana, debiendo destacarse los de Magnesio (pH=2), Aluminio (pH=1), Zinc (pH=2,5), y el de Plomo (pH=1), presentando

cada uno de ellos ventajas para usos concretos tales como, yesos, cemento, etc... La fuerte acidez de los Fluosilicatos, hace esponjosas las superficies calcáreas tratadas por lo que el endurecimiento inicial ha de considerarse con reservas.

Las Ceras que más se utilizan actualmente son las sintéticas del tipo Parafinas, como por ejemplo las Microcristalinas de fabricación inglesa de Astor Boiseller de Londres bajo el nombre comercial de Cosmoloids. Se presentan en diversos grados de polimerización, pudiendo alcanzar diversos puntos de fusión, menor retención del polvo, etc. En España están comercializados por Iberceras y los Restauradores prefieren los de punto de fusión 90 grados centígrados, solas o mezcladas con barnices naturales o sintéticos a los que confieren menor brillo y mayor impermeabilidad. En algunos casos, materiales conteniendo sales solubles que no pueden ser extraídas, se han impregnado con ceras para bloquear la movilidad de las sales frente al vapor de agua, pero en general su empleo es reducido por los peligros que conlleva la impermeabilización de los materiales pétreos porosos.

Las resinas acrílicas son muy utilizadas por los Restauradores, pues ofrecen las propiedades de revestimiento y se realiza plenamente a partir de este tipo de compuestos orgánicos. Su aplicación se efectúa de tal forma que la permeabilidad de la superficie tratada sólo se reduzca entre el 0,3 y el 0,7 de la permeabilidad original y esto se consigue utilizando concentraciones bajas de resina (2,5 a 5 %) en un solvente formulado con disolvente verdadero/diluyente (Xileno/White Spirit por ejemplo) que permite depositar la resina en el interior de los poros de la piedra. A veces, las resinas acrílicas se modifican por adición de Resinas de Silicona, con lo que aumenta la hidrofobicidad y la permeabilidad, y otras veces por adición de xilanos o de ceras, según las propiedades buscadas por el Restaurador.

Los Perfluoropoliéteres se han utilizado con buenos resultados para la protección de mármol y piedra caliza, disueltos al 70 % en Triclorotrifluoroetano y han sido comercializados por una filial del Grupo Montedison. Su aplicación se realiza a pistola y, aunque tienen un precio muy elevado, se han producido varias comunicaciones científicas sobre su empleo en los últimos años (30).

## CONCLUSIONES

En muchas intervenciones sobre la superficie de los Monumentos, el debate se establece hoy entre el gusto por los materiales vistos y la reconstrucción de los recubrimientos, con técnicas tradicionales o modernas, previa limpieza o picado de los paramentos, dentro de un concepto de utilidad, de vida, de respeto a la esencia de lo arquitectónico, etc..., pero olvidando o minusvalorando la verdadera dimensión cultural y técnica de los fragmentos originales que se conservaban hasta ese momento.

Para la Restauración, todo el trabajo crítico consiste precisamente en comprender la

naturaleza propia de cada una de las singularidades que conforman la superficie de cada Monumento e incluso de cada zona, cuya protección es la razón de ser de nuestro trabajo. El color, las figuraciones arquitectónicas, etc... cualifican los volúmenes y, cuando faltan, las lagunas son sólo relativas y se debe plantear la determinación de los niveles mínimos a partir de los cuales puede restaurarse la función o ya no puede serlo, por lo que cada caso sólo podrá ser resuelto con sensibilidad estética en alerta integral y un respeto constante del original tal y como nos ha llegado a través de la Historia y de la que lleva sus marcas.

Pese a todas las críticas con que continuamente bombardeamos el concepto actual de la Restauración, se mantiene vigente la metodología inaugurada hace más de medio siglo y, aunque es previsible la suma de nuevos parámetros a los tres esenciales antes aludidos, el objetivo primordial de "agotar el conocimiento" sobre los Monumentos seguirá siendo útil mientras dure la tarea de revisar críticamente los documentos trascordados de la Historia. ■

---

## BIBLIOGRAFIA

1. Muchos de los aspectos técnicos de este tema han sido desarrollados anteriormente en: CABRERA, J. M.: "La piedra material de base", en *Mecánica y Tecnología de Edificios Antiguos C.O.A.M.*, Madrid (1987), pp. 137-166.
  - "Fábricas de piedra", en *Conservación del Patrimonio Cultural de Castilla-León*. Junta de C. L, Valladolid (1987), pp. 63-88.
  - "Materiales de Reparación: sus mecanismos de actuación y criterios de selección", en *Jornadas sobre Restauración y Conservación de Monumentos*. Instituto Torroja. CSIC, Madrid (1989).
2. CABRERA, J. M.: "La Conservación de la piedra en nuestros Monumentos", en *Actas del XXIX Congreso Luso-Español para el Progreso de la Ciencia*, Lisboa (1970). (Ver Informes y Trabajos del ICROA, Madrid, vol. 11 (1970), pp. 5158).
3. Una argumentación más completa y bibliografía sobre los conceptos de Conservación y Restauración:

- CABRERA, J. M.: "Conservación y Restauración", en *50 años de Protección del Patrimonio Histórico Artístico 1933-1983*. Ministerio de Cultura, Madrid (1984), pp. 45-53.
4. Entre los estudios publicados sobre la evolución de la policromía escultórica hasta el siglo XIX, cabe señalar: PHILIPPOT, P.: "La Restauration des Sculptures Polychromes. Introduction historique", en *Reunion Mixte des Comités ICOM pour les Laboratoires des Musées et pour le Traitement des Peintures*, Bruxelles 6-13 de septiembre de 1967, p. 30. Texto policopiado.
  - GÓMEZ MORENO, M. E.: "La policromía en la escultura española", Madrid, 1943.
  - MARTÍN GONZALEZ, J. J.: "La policromía en la escultura castellana", *Archivo Español de Arte*, vol. 26, pp. 295-312, Madrid (1953).
  - Estudios de laboratorio sobre los materiales encontrados en esculturas policromadas españolas, con preparaciones de Yeso, han sido publicados en: CABRERA,

J. M.: "Conservation et Restauration d'une sculpture Iberique en pierre polychromée, datant du IV<sup>ème</sup>, siècle avant J. C.", en ICOM-Conservation 3th Meeting, Madrid (1972).

- CABRERA, J. M.: "Study of the materials and technique of the polychromated sculptured Spanish XVII century by Alonso Cano", en 3th Meeting ICOM-CONSERVATION, Madrid (1972). En el Laboratorio del Instituto de Restauración se han tomado muestras de la práctica totalidad de las esculturas policromadas de la escuela andaluza de Alonso Cano así como de las principales obras de la escuela castellana del Museo Nacional de Escultura de Valladolid, superándose el centenar de obras cuya materia pictórica ha sido analizada. Todo el ingente trabajo de las preparaciones microscópicas en lámina delgada correspondió a D. Alberto Recchiutto y personalmente puedo afirmar que la totalidad de las preparaciones de policromía están hechas con yeso.

5. CENNINO CENNINI: *Il Libro dell'Arte*. Edt. Neri Pozza. Vicenza (1971). Es un código de la primera mitad del siglo XV que recoge las tradiciones técnicas de la pintura vigentes en su época. En el capítulo CLXXIV nos dice, "...Acontece al artista tener que saber trabajar enteramente en todo, especialmente en aquellas obras que le reporten honra; y por tanto, aunque no sea costumbre (entre los pintores) pero como yo lo he experimentado te lo enseñaré. Caerá en tus manos una figura de piedra, grande o pequeña, y tendrás que..." (describe todo el procedimiento técnico de los enyesados y policromías).

6. *The Strasbourg Manuscript*. Edt. Borrada, Londres (1966).

7. THEOPHILUS: *On divers Arts*, Dover Publications, New York (1979).

El manuscrito original del monje Theophilo "De diversis artibus" se sitúa como de principios del siglo XII, reuniendo una importante información sobre las técnicas medievales de pintura, vidrios, metales.

Dover Publications ha editado también:

- THOMPSON, D. V.: *The materials and techniques of medieval Paintings*, ver en p. 39. - LAURIE, A. P.: *The painter's Methods and Materials*, ver p. 191.

- EASTAKLE, Ch. L: *Methods and Materials of Paintings of the Great Schools and Masters*, diversas referencias.

- MERRIFIELD, M. P.: "Original Treatises dating from the XII to the XVII th Centuries on the Arts of Paintings", diversas referencias.

- GETTENS and STOUT: *Painting Materials*, p. 257 Y otras.

8. PACHECO, F.: *Arte de la Pintura*. Instituto Valencia de D. Juan (1956). Edición del Manuscrito original acabado el 24 de enero de 1638, edición realizada por Sánchez Canton F.

9. PALOMINO, A.: *El Museo pictórico y escala óptica*. Edt. Aguilar, 3 tomos (1947). Es obra de principios del siglo XVIII.

10. DOERNER M.: *Los Materiales de Pintura y su empleo en el Arte*. Edt. Reverté, Barcelona (1965), pp. 236-281 (La primera edición alemana en Munich, 1921). 11. MAYER, R.: "Materiales y Técnicas del Arte". Edt. Blume (1985). 12. W ARLAND, E. G.: *Constructional Masonry*. Edt. Pitman and Sons, Londres (1945).

Traducción al español del Arquitecto ROVIRA, José MARIA: *Cantería de Edificación*. Edt. Reverté, Barcelona (1953), p. 178.

13. FOERSTER, M.: *Materiales de Construcción*. Edt. Labor, Barcelona, 1953. Traducido del alemán por el Ingeniero Industrial R. Campalans.

14. Para los estudios de laboratorio de micromuestras procedentes de obras de arte, se han ido desarrollando una serie de técnicas de preparaciones microscópicas, microquímicas, instrumentales, etc..., cuyo conocimiento es imprescindible para poder abordar estos temas. Estas técnicas que se utilizan en los laboratorios de Museos, son bastante desconocidas entre los investigadores de otros campos, como la petrografía, etc., quienes con sus propias técnicas no pueden en forma alguna abordar la perspectiva analítica que nos interesa. Estas técnicas han sido publicadas recientemente en:

- ART HISTORY AND LABORATORY: *Scientific Examination of Easel Paintings, P.A.C.T.*, vol. 13, Consejo de Europa (1986). Para la técnica de las preparaciones microscópicas de muestras de pintura, ver en esta publicación: CABRERA J. M y GARRIDO M.C., : "Cross-Sections", en Capítulo VIII, pp. 155,169, así como otros autores para ensayos de aglutinantes, etc.

- Véanse también en Boletines del Museo del Prado, y en Informes y Trabajos de análisis de laboratorio de muestras de pintura procedentes de cuadros, esculturas, etc., realizados por Cabrera, J. M. y Garrido, M. C., ver también:

- CABRERA, J. M.: "Le Portail du Monastere de Sta. Maria de Ripoll: étude scientifique pour sa conservation", *MONUMENTUM ICOMOS-UNESCO*, vol. 1, Paris (1966), pp. 79-98. En la p. 97 aparece "Note de Laboratoire sur la Polychromie du Portail de Ripoll", mostrando la composición de la carnación en dos capas a base de Blanco de Plomo y Cinabrio con tempera oleosa.

El Yeso ha sido también identificado en:

- ALESSANDRINI, G., BONECCHI, R., BUGINI, R., FEDELI, E., PONTICELLI, S., ROSSI, G. and TONIOLO, L.: "Bramante in Milan: The Cascina Pozzobonelli. Technical examination and Restoration", en *Studies in Conservation*, vol. 34. n.º 2 (1989), p. 53-66.

El Albayalde ha sido identificado en:

- ROSSI-MANARESI, R.: "The polychromy of the 13

th. Century stone sculptures in the facade of Ferrara Cathedral”, en 6th Meeting of ICOM-Conservation, Ottawa (1981), 5/3.

- ROSSI-MANARESI, R. and NONFARIVIALE, O.: “Repon on the conservation of the porch of Ferrara Cathedral”, Centro per la Conservazione de la Sculture all’aperto, Bolonia (1981).

- FURLAN V. et PANCELLA, R.: Portail Peint de la Cathedrale de Lausanne: Analyses pour une Restauration, Lausanne (1982).

- FAVRIERE, J., ZUMSTEIN, H. et RIOUX, J. P.: “Etude des Sculptures de la Cathedrale de Strasbourg”, en Anna/es du Laboratoire des Recherches des Musées de France (1978), p. 7.

- ROSSI-MANARESI, R. and TUCCI, A.: “The Polychromy of the Portals of the Gothic Cathedral of Bourges”, en 7th. Meeting ICOM-Conservation, Copenhagen (1984), 5/1.

15. El Alumbre añadido a la solución de cola en la proporción 1/10, le quita la propiedad de hincharse, haciéndola insoluble en agua. Esto es muy importante para los fondos o preparaciones de Yeso o de Creta (Carbonato de Calcio), sobre los que se quiere emplear agua para diluir el color, pues se ablandarían y disolverían; el Alumbre se ha de añadir inmediatamente antes de su empleo, pero nunca al producto que quiera guardarse. La aplicación de estos fondos, por ser relativamente espesos, se efectúa con espátula o con pincel de pelo grueso, quedando así visibles una especie de estrías en los depósitos de pasta, lo cual puede apreciarse en muchos cuadros (directamente o en las imágenes radiográficas) como sucede con las obras de Velázquez posteriores a su primer viaje a Italia (ver en Boletín del Museo del Prado nuestro estudio sobre la Fragua de Vulcano, tomo IV, n.º 11, 1983, pp. 79-96).

Como el Alumbre es muy soluble en agua caliente (a 100° C se disuelven 357 partes de Alumbre en 100 partes de agua) y poco soluble en agua fría (a 20° C sólo 15 partes de Alumbre en 100 de agua), se aplica sobre la piedra en disolución concentrada y caliente, con lo que al enfriarse deposita gran cantidad del producto en el interior de los poros de la piedra (igual sucede para ignifugar madera, impermeabilizar telas, etc...).

Estas preparaciones de Yeso son normales en las escuelas del Sur, mientras que en las de los países del Norte, se empleaba la Creta y el Albayalde.

El Yeso, coloreado o no, se ha utilizado mucho en exteriores, en la construcción, con tecnologías más específicas. Aunque a veces se le agrega leche descremada (caseína), cola, etc, lo más frecuente era el “cemento Keenes” y el “cemento Paros” ambos para utilizar a la intemperie: el primero era un yeso lento de tipo alúmbrico que se obtiene por cochura hasta el rojo de Yeso impregnado con Alumbre y amasado luego con agua

de Alumbre, y el segundo es un Yeso boricado obtenido análogamente; al primero se le llama también “Yeso piedra” y al segundo “Yeso borra”. En muchas ocasiones, el estuco de Yeso recibe un acabado de superficie con “jaboncillo de sastré” (esteatita o talco).

Todas estas técnicas están muy bien recogidas en:

- Gran Diccionario Espasa Calpe, vol. 22 (Estuco), vol. 19 (Enlucido), vol. 4 (Alumbre), vol. 70 (Yeso).

- LADE, K. Y WINKLER, A.: Yeserta y Estuco, Edt. Gustavo Gili, Barcelona (1960), Traducido del original alemán.

- MIRANDA SÁNCHEZ, A. y TORÉ MARTÍN, A.: “La técnica tradicional del Yeso en la región murciana”, en YESO, Boletín Informativo. vol. 2. n.º 50. INCE. Madrid (1984), pp. 3-6.

- ULLMAN, Enciclopedia de Química Industrial. Edt. Gustavo Gili, Barcelona (1932), pp. 627-640.

16. CABRERA, J. M.: “Conservación y Restauración de la Dama de Baza, una escultura en piedra policromada del S. IV antes de J.c.”, en Informes y Trabajos del ICROA, vol. 12, Madrid (1972), pp. 23-34.

En la actualidad, estamos desarrollando un trabajo de investigación en colaboración con los Profesores Bendala y Blanquez del Departamento de Arqueología de la UAM sobre tecnología de la escultura y policromía ibérica.

17. VITRUVIO: “Los diez libros de la Arquitectura, libro 7. Ver la nueva reedición publicada por Edt. Akal, Madrid (1987) con los importantes comentarios de pie de página de José Ortiz y Sanz.

18. RUDEL, J.: “Technique de la peinture”, Presses Universitaires de France, Paris (1950).

- MAROGER, J.: “The secret Formulas and Techniques of the Masters”, Studio Publications, New York (1948).

19. PETRESCO, c.: L’art de la Fresque, Edt. Lefranc, Paris (1954).

20. Citado por LEWIN (ver nota 21).

- ANÓNIMO; “Stone-preserving processes”, en The Builder, vol 19, n.º 941 (1861), pp. 103-105, dice que Mr. Ferrey ha aplicado la técnica de Sylvester a varios edificios de The New Houses of Parliament, con buenos resultados.

- HEATON, N.: “The Preservation of Stone”, en Journal of the Royal Soc. of arts., vol. 70 (1921), pp. 124-139, dice que: “Sylvester’s method consists in dressing the stone first with a solution of Alun in water, followed by a solution of soft soap, both being used as hot as possible. The Aluminium salt of the fatty acids is precipitated in the stone, and this is insoluble and tough, and forms a consolidating or binding agent... Up to the present, no more satisfactory material of this type has been produced, and it has the advantage of being very economical and easily applied. I prefer it, therefore, to other organic preparations for the reconsolidation

of decayed stone, although it is by no means a perfect preservative. ..."

- En España, las pocas referencias escritas que conocemos, se deben a la labor investigadora de la Dra. María José Alonso, en su Tesis Doctoral sobre los Edificios del Banco de España. Como ejemplo cabe citar: Banco de España en Badajoz. Informe del Arquitecto de 16 de abril de 1918: "...y como medida de protección (de la piedra de las canteras de Salamanca) se ha empleado una pintura al aceite, usada con excelente resultado en muchos edificios, pintura a base de Estearato de Alúmina". Archivo Histórico del Banco de España, D. Gral. S., leg. 2965.

21. LEWIN, S. Z.: "The Preservation of Natural Stone 1839-1965", suplemento en, *The Art and Archaeology Technical Abstracts*, vol. 6, n.º 1, 1966, pp. 185-277.

22. STAMBOLOV, T.: "Conservation of Stone", en *HC Conference of Stone and Wooden Objects*, vol. 2, New York (1970).

23. MAMILLAN, M.: "Recherches récentes sur le nettoyage de façades en Pierre calcaire", en *Supplément aux Annales de l'Institut Technique de Batiments et des Travaux Publics*, Paris (1964), n. 99-200.

24. Son muy numerosos los Recetarios Industriales que contienen fórmulas de todo tipo para los asuntos más diversos, recogiendo los conocimientos tradicionales. En España, el más difundido es el de HISCOX-HOPKINS: *Recetaria Industrial*. Edt. Gustavo Gili, Barcelona, que contiene 22.135 recetas, refundición de los dos recetarios industriales más acreditados de los Estados Unidos.

25. A propósito de la existencia de oxalatos en las pátinas rosadas "scialbatura" de los mármoles romanos, y sobre su origen por actividad de líquenes o por tratamientos antiguos, véase en *Studies in Conservation*, vol. 32, n.º 3 (1987), pp. 114-121 Y vol. 34, n.º 1 (1989), pp. 20-26. También cabría señalar a este respecto que el Acido Oxálico y los Oxalatos forman parte de la mayoría de las fórmulas empleadas para la limpieza de manchas ferruginosas sobre mármoles blancos, lo que indiscutiblemente deja restos de Oxalato Cálcico insoluble.

26. ZEHNDER K. and ARNOLD, A.: "Stone damage due to formiate salts" en *Studies in Conservation*, vol. 29, n.º 1 (1984), pp. 32-34.

27. MORA, P., MORA, L., PHILIPPOT, P.: *Conservation of Wall Paintings*. Edt. Butterworths (1984), pp. 342-343. La primera comunicación de la Sra. Mora sobre el uso de esta fórmula denominada "papetta", fue en el 5th Meeting ICOMConservation, Zagreb..

28. MORA, P.: Op. cit., pp. 216-244.

29. GRISSOM, e A. and WEISS, N. R.: "Alkoxysilanes in Art and Architecture 1861-1981", suplemento en

*Art and Archaeology Technical Abstracts*, vol. 18, n.º 1 (1981), pp. 149-202. Da los nombres de los principales productos y la dirección de los fabricantes, junto con las referencias más importantes de su empleo en Monumentos.

30. El empleo de Perfluoropoliéteres sobre la piedra ha sido estudiado por: GUIDOBALDI, F.: "Inquinanti atmosferici...", eN.R. *Conservazione dei Monumenti*, Edt. Barbieri (1976), p. 14.

- FREDIANI, P. Y colaboradores: "Perfluoropolyethers as water repellents...", en 6 th Meeting ICOM-Conservation, Ottawa, 1981, 10/6.

- FREDIANI, P. y colaboradores: "Use of Perfluoropolyethers...", en *Studies in Conservation*, vol. 27, n.º 1 (1982), pp. 31-37.

31. MORA, P., MORA, L.: "Le superfici architettoniche, Materiale e Colore. Note ed esperienze per un approccio al problema del Restauro", en *Il Colore dell'edilizia stonea. Supplemento n.º 6* (1984). *Bolletino d'Arte del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali*.

32. FEILDEN: *Conservation of Historic Building*. Edt. Butterworths, London (1982), pp. 333..

33. La Carta del Restauro del año 1972, redactada en Roma por el Instituto Centrale del Restauro, ha sido publicada en español en: 50 años... (ver nota 3), también en Alianza Forma, n.º 72.

34. ROSSI-DORIA, P., TOBASSO, M. y TORRACA, G.: "Nota sui trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapidari", en *Atti ICR-Laboratoria Prave Sil Materiali*, Roma (1977).

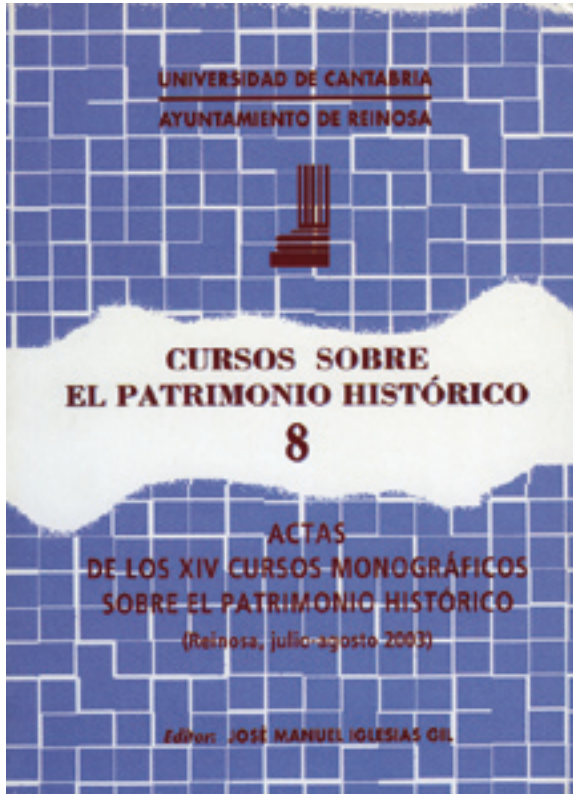
35. BALDI, P. CORDARO, M., MORA, P. Y MORA, L.: "Architecture-Couleur" en *Symposium sobre "Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings"*, Roma (1981), I.C.C.R.O.M., p. 133.

36. CABRERO GARRIDO, FÉLIX: "El cambio de uso en la recuperación de edificios históricos", en *Recuperación de Edificios Históricos para usos turísticos*, TECNIBERIA, Madrid (1986), p. 36.

37. DOERNER, M.: Op. cit., ref. (10), p. 385.

Al tratar de los daños y esfoliaciones causadas sobre las esculturas en piedra y madera policromadas, por los repintados en óleo dados en el siglo XIX, dice: "...Este sobrepintado no se practicó siempre por la falta de fragmentos. Hay efectivamente toda una serie de valiosas figuras policromadas, perfectamente conservadas, que no fueron retocadas, sino simplemente pintadas en gris piedra. El gusto clasicista de la época podía quedar satisfecho con el alegre colorido gótico, barroco o renacentista, y creía además tener el derecho y la obligación de pintar las figuras por entonces en gris".

## 2.6 Alteración y conservación de estructuras y muros



### CONSTRUCCIÓN DEL MURO.

“Hallada la salubridad del sitio para la fundación de la ciudad y elegidos campos fértiles para que fructifiquen su mantenimiento, abiertos y edificados los caminos, se pasará a dar principio a los fundamentos de los muros, cavando hasta hallar suelo firme si se puede, y allí se tomará mayor anchura de la que se le quiere dar a la pared fuera de tierra, y este hueco se irá llenando de estructura solidísima... Cuando los cimientos han llegado a flor de suelo, se coloca en los extremos de cada muro un poste vertical y se efectúa el replanteo tendiendo cordeles que guían en la elevación a plomo y planeado de los paramentos en orden a los materiales de que se deben edificar los muros, donde hubiere pie-

dra de corte, pedernal o secmentos, ladrillo cocido o crudo, se podran usar”.

Vitruvio (Libro 1, cap. V) nos introduce en el objeto de nuestro trabajo, que vamos a seguir desarrollando en las cuestiones mas generales, basándonos en tratadistas como Bails y Blondel , principalmente.

Los muros son los elementos que limitan lateralmente el volumen de las habitaciones y cercados, y que se destinan a resistir el empuje de tierras, aguas etc.. Son generalmente verticales y se denominan paredes; en caso contrario son escarpados o en escarpa.

En los edificios, las paredes exteriores o “de fachada” pueden ser “principales o testeras” , “laterales” y “posteriores”, mientras que las interiores se reparten en “maestras o de carga” y “divisorias” (tabiques cuando son de poco espesor). Las paredes que separan un edificio de otro son “medianeras” y las de poca altura que rodean un atrio, sirviendo de asiento o poyos, se denominan “barbacanas. Los muros rectos tienen siempre un ligero talud llamado “releje”.

En muros de “mampostería” la piedra se utiliza en bruto o casi en bruto y su colocación puede ser “concertada”, “careada” ú “ordinaria” según este sujeta a un trabajo preliminar con el martillo, mas o menos esmerado; el acuñado se hace con piedra menuda que se denomina “ripio”.

“Sillarejo” es una piedra cortada, intermedio entre el mampuesto y la sillería, que se labra con el trinchante y la escoda dentada; cuando son de labra fina, no difieren del sillar sino en el menor tamaño.

Los “sillares” se labran en “almohadillado” y “rehundido” (labrar canales figurando juntas), distinguiéndose la cara horizontal inferior o “labio”, la cara superior o “sobrelecho”, las caras vistas llamadas “paramentos o cabe-

zas" y las "caras de junta". Se llama "cola o tizón" la longitud del sillar según el espesor del muro; "soga" es un sillar en que la cara de paramento tiene mayor área que la cara de junta; se denomina "llave" a todo sillar con dos caras de paramento.

El aparejo de los muros de sillería no ofrece ninguna dificultad; los planos de junta horizontales, aparecen como líneas continuas en las superficies de paramento, mientras que los verticales deben ser interrumpidos. Cuando en una fila horizontal o "hilada", todos los sillares tienen el mismo espesor, el aparejo es regular y se denomina "isodomum" ú "opus incertum" ; el "seudoincertum" tiene las hiladas de diferente altura, unas mas altas que otras, mientras que en el "diatonus" las piedras van colocadas una de través y dos iguales a lo largo, esto es a "soga y tizón".

La piedra se corta en las canteras y se desbasta en talleres habilitados cerca de la obra; cuando la piedra es blanda o las molduras y adornos son finos, se labran una vez esté la piedra en su sitio definitivo.

Para el transporte se emplean rodillos, cabrias y pescantes. La piedra se asienta mediante cuñas de madera o de plomo, de un espesor igual al de la junta de mortero; luego se quita el sillar, se limpian y se riegan las caras de junta y se extiende sobre la que se ha de cubrir una capa de mortero fino; se coloca el sillar en su sitio y se le golpea con un mazo hasta que, refluyendo el mortero, apoya en las cuñas.

Una vez concluido el muro, se le dá por fuera la última mano, empezando desde arriba. En las paredes de fachada de sillería, esta maniobra se denomina "retundido" y consiste en repasar primero con martillo y con "la fija" (lámina dentada de hierro) los paramentos, para quitar las manos, si las hubiere y las rebabas, continuando luego con los acabados de las molduras y de las figuraciones y adornos que se hubieren dejado a medio labrar; luego se estropajan en seco y se lavan tiran-

do agua con una escoba; finalmente se cojen las juntas de piedra dura con mezcla de cal y piedra molida, mientras que las de piedra blanda se rellenan con mezcla de yeso y piedra molida.

En las fachadas de sillarejo se dá la última mano con el "jaharrado", porque hacen mala vista los sillarejos descubiertos, acabando las cornisas, los plintos y adornos con yeso.

#### JAHARRADOS Y ENLUCIDOS.

Se suelen dar en dos capas. La primera es de yeso y se llama jaharro. La segunda es lisa y se llama enlucido, pudiendo ser estucado ó escarolado (yesos alúmbricos ó boricados). Para evitar que se agrieten, se suele añadir pelo de vaca ó cabra y como acabado se le da con un fieltro agua de jabón y aceite.

Jaharrar una pared de fachada es cubrirla con una capa de yeso ó mortero de cal y yeso. Esta es la materia que encontramos en la mayor parte de las fachadas de París, Madrid, etc, tanto en edificios civiles como en Iglesias, Catedrales y Monumentos en general

La piedra de construcción ha recibido en distintas épocas acabados de superficie con morteros, estucos, pinturas, dorados ó barnices, para cumplir así la doble función tradicional de realzar y proteger molduras, figuraciones arquitectónicas y paramentos en general. En casi todos los Monumentos españoles se conservan testimonios expresivos y son particularmente abundantes en la mayor parte de nuestras Catedrales y Monumentos de la Iglesia porque, salvo pocas excepciones, se han limpiado poco y con bastante prudencia.

Los trabajos de Restauración realizados en las últimas décadas(2), nos han permitido comprobar la existencia de recubrimientos de superficie con estucos de Yeso al temple de huevo y cola, y color pardo compuesto con pigmentos rojo de hierro, ocre amarillo y negro de huesos, en fondos monocromatos, debiendo destacarse aquí, para los fines



argumentales de esta clase, los de las Portadas Monumentales, de las Catedrales de León, Palencia, Oviedo, Platerías de la Catedral de Santiago de Compostela, Mirador de la Palma de Mallorca, de la Luz de Orihuela, así como en Valladolid (las del Colegio de Santa Cruz, Iglesia de San Pablo y Convento de San Gregorio), la Asunción en Torrelaguna y Santa María en Pontevedra, principalmente.

La descripción técnica de estos recubrimientos coincide analíticamente con la que nos ha llegado documentalmente a través de Cennini (3), quien recoge las tradiciones anteriores a 1437 : El trabajo comienza limpiando bien la piedra y dándole una o dos manos de cola bien caliente, dejándola luego secar, a continuación hierva aceite de linaza con carbón y 1/3 de barniz, hecha el mordiente, separa el carbón y mezcla todo bien, dándolo muy caliente con igualdad por las partes, con un pincel de cerdas grueso; lo deja secar bien al aire y al sol y, mediante una esponja, le aplica bien caliente un temple de cola y yema de huevo; finalmente, con temple de yeso fuerte y cola, con una yema de huevo y un poco de polvo de ladrillo, enyesa la superficie dándolo con espátula y dejándolo secar; finalmente nos dice que..”y si por acaso, algún trabajo hubiera de estar expuesto al agua, barnízalo, no sería tan hermoso pero si mas resistente”.

Consideración aparte merecen los recubrimientos exteriores que encontramos en Aragón, destacando aquí los de la Seo de Zaragoza y la Aljafería, pues, aunque el análisis químico da el Yeso como componente mayoritario, este es sin duda árido de alabastro molido, conglomerado con Cal que aparece en los Análisis como minoritaria. En estos Monumentos cabe destacar también el empleo de sillares de alabastro, como los restos de murallas de origen romano que se conservan en Zaragoza.

Del Barroco, nos han quedado abundantes testimonios materiales de recubrimientos exte-

riores, con marmoleados a base de cal , albayalde y otros pigmentos, debiendo destacar los que se conservan en las Catedrales de Valencia, Tuy, Santiago de Compostela, o en las Universidades de Salamanca y Oñate ó restos de dorados como en la Catedral de Mondoñedo,.. Otros encostrados, como los de la Catedral de Ciudad Rodrigo, están formulados con mezclas de Cal y Yeso (4) en proporciones variables, lo que se aprecia como una solución de uso frecuente en amplias zonas geográficas

#### EL COLOR DE LA ARQUITECTURA.

Un tipo de recubrimientos de Yeso, presente en la gran mayoría de las fachadas de nuestros Monumentos, es una fina capa muy sutil de color pardo, mas ó menos agrisada por la suciedad, a base de Yeso y Ocre, apareciendo claramente como algo muy tardío que cubre estucos antiguos, policromías, rotos y desconchones en muchos casos, viéndose que han sido aplicados con brocha por los trazos de cerdas gruesas que quedan grabados. En muchos casos, la carga mineral está aglutinada con aceite secante, tratándose por lo tanto de una “pintura al aceite” (5), como sucede en casi todos los exteriores de las Catedrales de Valencia, Murcia, Castellón ,Tarragona, León , Astorga, Palencia,etc.. tapando policromías bajo una capa de “color piedra”, resultando especialmente significativos los timpanos policromatos de Sta Maria de Aranda de Duero y de Santa María de Deva , junto a la multitud de escudos en palacetes de la Rioja. En otros casos, por carecer el estuco de aglutinante orgánico, es el propio Yeso quien aporta la función de conglomerante apareciendo también algo de arena de la propia piedra molida.

Las descripciones técnicas que mejor cuadran con estos estados de superficie podemos referirlas a Bails (1796) (6) quien nos dice que cuando se labra una fachada con sillarejo”

...“se le dá por fuera una mano de Yeso y piedra molida, para que tenga la vista de la piedra”..., ó Warland (1945) (7), quien explica como “fijada la piedra a la construcción, conviene cubrirla con una mezcla de piedra triturada y un poco de Yeso, para conservarla limpia y evitar la formación de una película sobre la misma que, de quitarla, disminuye su duración; además, de este modo la fachada, una vez terminada, presenta un aspecto mas uniforme.” Doerner (1921) (8), al tratar de los daños y esfoliaciones causadas sobre las esculturas en piedra, por los repintes al óleo dados hacia los años ochenta del Siglo XIX, dice que ... “este sobrepintado no se practicó por la falta de fragmentos .Hay efectivamente toda una serie de valiosas figuras policromadas, perfectamente conservadas, que no fueron retocadas, sino simplemente pintadas en gris piedra. El gusto clacisista de la época podía quedar satisfecho con el alegre colorido gótico, barroco ó renacentista, y creía además tener el derecho y la obligación de pintar las figuras por entonces en gris”.

Ruskin (1849) (9) insiste en que los verdaderos colores de la arquitectura son los de la piedra natural, y los pintores decoradores, como por ejemplo Cuchy (1923) (10), elaboraban el “color piedra” con pintura al óleo, mezclando el Blanco de España, ó el Blanco de Meudon, etc.(Yeso), con un poco de Ocre. Manjarrés (1860) dice que el color de la arquitectura es el color del hombre,y eso conduce a tonos del pardo. Jareño de Alarcón (1867) (11),insiste en que ningún otro procedimiento ha igualado al del óleo en la conservación de edificios históricos,“ya se aplique al exterior, ya al interior de los mismos”.

Los enlucidos de fachada con Yeso han sido frecuentes en toda España, y también en Francia y mas concretamente en la región Parisina, durante el Siglo XVIII y principios del XIX, conservandose aún algunos pocos ejemplos. Blondel (1771-1797)(6) no cita el Yeso concretamente, sino el “mortier de badigeon”,

pero para otros tratadistas franceses, incluso mas tardios como Tubeuf (1874) (12)“les ravalements en platre seront égrenés et peints a l’huile, trois couches, et rebouchés” .

## LIMPIEZA DE FACHADAS.

Mantener limpias las paredes de fachada de nuestras Catedrales no es solo una exigencia estética, sino también una necesidad técnica para la conservación de los materiales, por lo que se requieren intervenciones periódicas dentro de los programas de mantenimiento de estos Monumentos..

En contra de las razones de los Restauradores, cada día se aplican mas los distintos procedimientos industriales, incluso automatizados, que tienden a liberar la superficie de todas las sustancias adheridas a la piedra, lo que hace desaparecer la superficie manufacturada que constituye el elemento mas destacado de su significado histórico-artístico, por lo que muchos están siendo alterados mas ó menos intensamente.

En la segunda mitad del Siglo XVIII, empieza a modificarse el gusto por la policromia en la Arquitectura iniciándose el desarrollo de un interés creciente por los materiales desnudos, búsqueda de nuevos caminos expresivos en la desmaterialización de la materia. Este “regreso hacia lo auténtico” supone un cambio radical de moda que junto con los avances tecnológicos y la producción de nuevos materiales, generará una evolución en las formas de producir la Arquitectura. En su influencia sobre la Restauración, los mismos hechos condenarán a desaparecer todo lo que tape la piedra (14).

Hacia 1768 y bajo la dirección de Ventura Rodríguez, se produce el “picado de fachadas” del Colegio de Santa Cruz de Valladolid, haciendo desaparecer la patina de la piedra.. “lo que mas agrada a las gentes de gusto formado y lo que procuran conservar intacto en señal de aprecio de su antigüedad”.,

según describe Bosarte(1804) (15), en su Viaje Artístico.

Conviene pues recordar como, en el pasado, se picaron y rasparon encaminadamente las fachadas de piedra para eliminar esos "embadurnamientos", termino que englobaba los recubrimientos monocromatos ó policromos, con pinturas, barnices, estucos, dorados.., que sin duda cumplieron una excelente función protectora de la piedra subyacente.

Entre los innumerables ejemplos de los Monumentos de España podemos destacar el del Palacio de los Ayalas, descrito por Ríos (1859) (16), .."arcos, portadas, frisos, estaban cubiertos de Yeso, en tal manera, que solo después de emplear sumo cuidado para arrancarlo, ha sido posible gozar de sus bellezas".., ó en el Claustro de la Catedral de Tuy en donde una inscripción refiere al año de 1923 (17) el.."calcis crustae nudare".. que dejó el granito limpio, siendo esta la fecha mas tardía que nos remite a una búsqueda consciente del material desnudo.

Esta apropiación del objeto arquitectónico del pasado, adaptándolo a lo que se le quiere hacer decir en tiempos de prioritaria valoración estética, desde el idealismo académico, no puede tener nada en común con el sentido actual, esencialmente metodológico, de la Restauración moderna

## CONSERVACIÓN DE FACHADAS.

Desde la Restauración, Fielden (1982) (18) dictamina con claridad que "en todas las operaciones de limpieza, la superficie original de la piedra debe ser respetada junto con su pátina de edad"... y la Carta del Restauro (1972)(19) establece..."la patina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas y aún técnicas, por cuanto desempeña normalmente una función protectora, como demuestra el que la corrosión suele comenzar en las lagunas de la patina. Se puede eliminar la materia acumulada

sobre la piedra (detritus, polvo, hollín, excrementos de palomas, etc..) usando solamente cepillos vegetales ó chorro de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas y, en general, debe excluirse todo chorro a elevada presión ya sea de arena natural o vapor, desaconsejándose el lavado de cualquier tipo"...

La limpieza de fachadas con procedimientos industriales tiene como objetivo principal cumplir con las especificaciones técnicas de los sistemas y productos diseñados para obra nueva, para los que es condición primera una limpieza a fondo que permita aplicar los productos sobre un sustrato sano, por lo que resulta extraordinariamente difícil conciliar este punto de vista con aquel otro, por el que se propone la protección de los restos de estucos de Yeso, policromías y patinas que la Restauración exige.

En los Monumentos, se cree firmemente que deben excluirse los sistemas rutinarios con metodología industrial, debiendo ejecutarse los trabajos con operarios con actitud crítica y sistemas de trabajo lo mas manuales, ó menos automatizados, que resulte posible. La limpieza tiene como fin hacer legible la superficie para restituírle su significado, y es siempre una operación delicada porque es irreversible. Si bien el principio es sencillo, resulta a menudo difícil de realizar porque el estado que se procura alcanzar depende en gran medida de los mensajes de que es portador, que son de muy diversa índole y , a veces, poco perceptibles a simple vista, por lo que un trabajo imprudente puede destruídos. Por esto, mas allá de que unos métodos de trabajo puedan parecer mas recomendables que otros, lo que de verdad importa saber es el estado de superficie que tenemos y aquel otro que pretendemos alcanzar, pues ese proyecto es el que tenemos que realizar utilizando los medios adecuados para conseguirlo. Hemos pues de convenir en que la limpieza solo puede encomendarse a quienes

comprendan la naturaleza de los mensajes contenidos en esas superficies y sepan restaurados, pues no existen métodos ni productos que resuelvan por sí solos la falta de conocimiento y criterio de un operador poco ó mal instruido en las bases, esencialmente metodológicas, de la Restauración moderna.

Actualmente, con la introducción de Laboratorios inexpertos en las tecnologías antiguas de la construcción, las pátinas de Yeso se suelen leer, desvirtuándolas, como .."procesos naturales de cromatización".., ó .."sulfataciones por la contaminación atmosférica".. ó aún también como ..."efecto de bacterias".., desconociendo que en la mayor parte de los Monumentos de España esas patinas son, en el sentido fuerte de la palabra,

historia de vida, acciones de los hombres sobre la imbecilidad mineral del sustrato pétreo, y no "excrecencias botánicas ni precipitados atmosféricos".

Nuestro criterio sigue siendo que ese cuero a base de yesos, se debe conservar como un testimonio de las soluciones de la Arquitectura en distintas épocas. A la erosión provocada por la intemperie no podemos sumar los errores derivados de una interpretación incorrecta, ni de una dejación ante las presiones de la organización para "obra nueva", aunque aún produzca resultados acordes con el gusto de la época (tristes resultados de muros descarnados, fachadas empobrecidas por la desaparición de los realces cromáticos, color gris cemento). ■

---

#### NOTAS.

1. Riederer, J. "No destruction of stone by air pollution", 1st International Symposium on Deterioration of Building Stones. La Rochelle. 1972.

Riederer, J. "Nicht nur die Luftverunreinigung nagt an Baudenkmalen". Wissenschafts-magazin, 2, nº.2., p.92. 1980.

Hace ya casi treinta años que se nos hizo ver, desde el Instituto Doerner de Munich, unos recubrimientos de Yeso sobre la piedra que no podían tener su origen en la contaminación atmosférica, pese a que se aseguraba y se sigue insistiendo en medios científicos, que la contaminación transforma en Yeso la superficie de los Monumentos.

Poco más tarde, en 1975, Raffaella Rossi-Manaresi ("Exfoliation of stone sculptures: review of researches carried out on Italian Monuments with particular regard to fue reliefs by Wiligelmo on the Cathedral of Modena", en ICOM-Conservation, Venecia 1975. 75/513-31-22.), también se hacía preguntas sobre el alto contenido en Yeso de las superficies petreas y su relación con los contaminantes atmosféricos, aunque pareció asumir la hipótesis química al investigar que, el Yeso, no figura en las publicaciones del último siglo como una de las sustancias utilizadas para el tratamiento de la piedra.

2. Cabrera, J. "La Conservation du Portail de Ripoll", en Monumentum No. 1. UNESCO.1966. "Portada de Ripoll: últimas actuaciones" en Bull.Inst Royal Patr. Art. Bruselas.1968.

"Alteración y Conservación de materiales petreos en los Monumentos". Fundación March Madrid, 1972., Materiales de Construcción. nº. 174., Inst Torroja. 1979.

"Study of the material and technique of the Iberian stone polychromated sculpture". En ICOMConservation. Madrid 1972.

"Conservation de la escultura lítica exenta", en Symposio Interamericano. Mexico.1978

"Influencia de los contaminantes en el Patrimonio Artístico", en Economía Industrial. 107, Madrid 1972. "Contribución de la Química a las BB.AA." Real Acad. De Ciencias.Madrid 1981.

3. Cennino Cennini. "Il libro dell' Arte". Es un codice de la mitad del Siglo XV que recoge las tradiciones técnicas de la pintura. En el Capítulo CLXXIV describe los trabajos sobre piedra... "Acontece al artista tener que saber trabajar enteramente en todo, especialmente en aquellas obras que le reporten honra; y por tanto, aunque no sea costumbre (entre los pintores) pero como yo lo he experimentado te lo enseñaré. Caerá en

tus manos una figura de piedra, grande ó pequeña, y tendrás que... (describe todo el procedimiento técnico de los enyesados y policromía).

6. Bails, Benito. "Tratado de Arquitectura Civil". Madrid. 1796. Blondel, J.F. "Cours d' Architecture...". Paris. 1771-1797.

El tratado de Bails, ha sido reeditado por el colegio de Aparejadores de Murcia, junto con un estudio del profesor Pedro Navascues Palacio que demuestra la amplitud con que copió a otros tratadistas, en especial a Blondel.

Los enlucidos de fachada con Yeso, como indica Bails, son muy frecuentes en toda España, Y también en Francia y mas concretamente en la región parisina en donde han sido normales en el Siglo XVIII y principios del XIX, conservándose aún muy bien los pocos ejemplos que nos han quedado como consecuencia de la intervención masiva de renovación de fachadas que se llevo a cabo en Paris con la Ley Malraux desde 1959 a 1965. Aunque parecería que las consecuencias ha sido revisadas recientemente en el documento de la Sección Francesa del ICOMOS "La Loy Malraux sur les nettoya-ges de facades 20-30 ans apres". Paris, 1992. no afronta aspectos decisivos ,desde nuestro punto de vista, sobre la realidad de las fachadas y su tratamiento.

Aunque el Gobierno francés decretó el 26 de marzo de 1852 que... "Les facades des maisons seront constamment tenues en bon etat de propreté. Elles seront grattées ou badigeonnées au moins une fois tous les dix ans".., como consecuencia de las guerras esta obligación solo volvió a entrar en vigor en 1959, promovándose un programa para el siguiente quinquenio que limpió en el Centro Histórico de París mas de 66.000 edificios de los 88.400 censados.

Los graves problemas que se presentaron entre los distintos sectores profesionales, al renovar los enlucidos exteriores de Yeso, fueron motivo de un detallado estudio, hecho en común por tres Organismos Profesionales en colaboración con los Laboratorios del Centre de Batiment et des Travaux Publics (Caillez, A., Edouard, P., et Mevel, M., "Les enduits extérieurs en plâtre" en Batiment N.º. 142., pp 29. 1963. y II. N.º. 146 pp. 31 1996). Al querer rehacer en Yeso los enlucidos limpiados, aparecieron rápidamente desordenes, pequeños pero imprevisibles, que provocaron penosos litigios entre los distintos sectores implicados, con el agravante de que las recomendaciones contenidas en el estudio antes citado, se utilizaron para responsabilizar a los contratistas de no haberlas seguido, pese a que todos los trabajos estaban bien hechos "según las reglas del arte" y no se contaba con estudios detallados de los diferentes factores capaces de haber influido en los siniestros.

La consecuencia de esto fue, la pérdida de las fachadas originales, el abandono de una técnica tradicional y la introducción de formulaciones modernas a base de resinas sintéticas (en general, poliésteres, poliuretanos y mezclas complejas de resinas y de elastómeros) y cargas minerales (arena de mármol y cuarzo, gel de sílice, perlita, amianto y mica principalmente) ("Epidermes de Facade" en Batir, N.º. 145 .pp. 24., 1966).

7. Warland, E.G. "Canteria de Edificación" Edt Reverte. Barcelona 1953. pp. 178.

No hemos aún podido consultar el original inglés, editado por Pitman and Sons con el título "Constructional Masonry", basado en una serie de artículos publicados en el Building Educator de Pitman.

8. Doerner, M "Los Materiales de Pintura y su empleo en el Arte", Edt Reverte. Barcelona 1965. (la Edición alemana 1921), p. 385. Mas adelante, en la pagina 399 vuelve al mismo tema diciendo ... "los métodos empleados hacia el año ochenta del siglo pasado, en los que en trabajos de renovación de esculturas o locales, todo se armonizaba mediante veladuras pardas homogéneas, como si se tratara de policromados antiguos, no tiene nada que ver con la conservación de Monumentos y deben rechazarse desde el punto de vista manual y artístico. Pues también el tiempo da su patina natural sobre tales veladuras pardas, de tal modo que, al cabo de pocos años, se lograría únicamente un efecto liso de color pardo oscuro".

Conviene recordar que la pintura, en las obras de Arquitectura y estatuaria ha sido una costumbre que nos viene desde la antigüedad, desempeñando un papel importante en toda la Edad Media en el Gótico y en el Renacimiento que adoptó el color en la Arquitectura en toda su amplitud. Al gran florecimiento del color alcanzado a principios del Siglo XIX gracias a los trabajos de arquitectos tan notables como Viollet le Duc, cabe sumar la aportación de los estudios realizados por el arquitecto Hittorf (1932) demostrando que la "arquitectura griega había sido siempre policromada", conceptos que quedaron totalmente aceptados tras la exposicion de 1851, superandose así un largo proceso de contradicciones que duró treinta años.. Es importante destacar las discusiones que surgieron desde 1880 en los círculos de Arte, en torno a la policromía en su aplicación a las obras plásticas y, en particular, la publicación en 1884 del trabajo de Jorge Treu "SoBen mir unsre statuen bemalen?" (¿Hemos de pintar nuestras estatuas?), quien como arqueólogo y profesor de la Academia de Arte de Dresde y correspondiente del Instituto de Francia, entre otros, ejerció una indiscutible influencia.

9. Ruskin. En La lampara de la verdad XVIII. COAAT. Murcia 1989. P. 95

10. Cuchy, Jose. "Manual del pintor decorador" Gallach. Calpe. Barcelona. 1923 p. 82

11. Jarreño de Alarcón, Francisco "De la Arquitectura policrómata" Real Academia de BB.AA. de San Fernando. Discurso de Entrada. 6 de Octubre de 1867.

12. Tubeuf, Georges "Traité d'Architectur", Paris 1874. Tomo 2. pp 342.

14. Cabrero, F. "El cambio de uso en recuperación de edificios históricos" en Recuperación de Edificios Históricos para usos Turísticos. Tecniberia. Madrid, 1986 pp.36. para el autor, el autentico dilema critico de toda experiencia en la recuperación de edificios históricos se encuentra en actuaciones que "propenden a resucitar las imágenes fidedignas, contemplándose como un delito estético no recubrir los viejos muros de piedra ó ladrillo con pinturas, revocos, chapados, como si la realidad de haber sido acabados camuflando la construcción básica del edificio, condenara sin remisión la invocación Inexorable de las primitivas imágenes".

15. Bosarte., Isidoro. "Viaje Artístico a varios pueblos de España" Madrid, 1804. pp. 107.

16. Amador de los Ríos, José. "El estilo Mudéjar en Arquitectura" Discurso de entrada. Real Academia de BBAA de San Fernando. 19-junio-1859 pp.25. "en el Palacio de Los Ayalas..., arcos, portadas, frisos, estaban cubiertos de Yeso, en tal manera que solo después de emplear sumo cuidado para arrancarlo, ha sido posible gozar de sus bellezas".

17. Fielden, B. "Conservation of Historic Building" Butterworths, Londres 1982., pp.333.

18. Carta del Restauo, 1972. Redactada en Roma por iniciativa del Instituto Centrale del Restauo. Una traducción al español ha sido publicada en " 50 años de Protección del Patrimonio Histórico-Artístico 1933-1983" Ministerio de Cultura. Madrid, 1984.

### 3.1. La conservación de la Portada de Santa María de Ripoll



El año 1964 iniciábamos la publicación de los "Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología". El número 1 contenía precisamente el informe redactado por el profesor Selim Augusti en el año 1962, en el que daba cuenta del trabajo llevado a cabo a instancias de la Dirección General de Bellas Artes en Santa María de Ripoll, en esa joya del arte románico cuya conservación de manera tan especial nos viene preocupando.

Desde que el profesor Augusti redactó su trabajo hasta el momento presente, el problema de la conservación de Ripoll ha sido motivo de singular atención por parte del Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional y de los técnicos del Instituto de Conservación y Restauración.

De los trabajos y estudios que desde aquella fecha hasta el presente se han llevado a

cabo por encargo de la Dirección General de Bellas Artes, quedó constancia en las líneas que sirvieron de presentación al informe del Profesor Augusti. En ellas se hacía referencia a la creación por parte del Ministerio de Educación Nacional de una comisión de especialistas, vinculada al Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" (del C. S. I. C.), cuyos trabajos han servido de punto de partida al estudio sistemático que ha realizado el Sr. Cabrera, químico del I. C. C. R., el cual ha llegado a conclusiones concretas, conclusiones que han sido constatadas prácticamente y, hasta la fecha, con resultados positivos.

El tratamiento que, como consecuencia de este estudio, se ha llevado a cabo en la portada de Santa María de Ripoll, es esperanzador en extremo, pues desde hace un año, en que se llevó a cabo, hasta la fecha, al menos en lo que al exterior se acusa, se ha detenido la descomposición de la piedra que en los últimos años había avanzado de una manera alarmante, y con la delicada limpieza a que ha sido sometida como fase previa del tratamiento, se han puesto al descubierto detalles ornamentales y expresivos que habían pasado desapercibidos hasta este momento, destacando entre ellos el recurso a que acudió el artista, de colocar clavos de hierro, para aumentar el valor expresivo de los ojos, remedando, sin duda, lo que, a base de piedras nobles, hicieron los eborarios que ejecutaron el Crucifijo de Carrizo o el de D. Fernando y D.<sup>a</sup> Sancha.

Las realizaciones logradas en Santa María de Ripoll como consecuencia de los metódicos trabajos llevados a cabo por la Comisión de especialistas del Patronato "Juan de la Cierva" y por los técnicos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, que han trabajado en estrecha colaboración, y las que por



Ripoll visto desde altura. Negativo: Agustín Rafart.



Vista lateral de la Portada. Noviembre de 1964, después de la consolidación. Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid.



Aspecto actual que presenta la fachada principal del Monasterio de Santa María de Ripoll. Negativo: Archivos del I.C.C.R.

su parte han obtenido en la región gallega el Comisario del Patrimonio Artístico Nacional en aquella zona, señor Chamoso Lamas y el restaurador Sr. San Martín, mediante el tratamiento con cera virgen de los granitos descompuestos igualmente con resultados positivos, y, sobre todo, la serie de problemas que hay planteados en muchos monumentos españoles de singular significación, como la Catedral de Cádiz, la de Sigüenza, la de Burgos, y tantos y tantos más, han incitado al Consejo Superior de Investigaciones Científicas ya la Dirección General de Bellas Artes a convocar un "Symposium sobre alteración de materiales pétreos utilizados en los monumentos", al que se ha invitado a destacados especialistas de todo el mundo.

Este Symposium será buena ocasión para constatar opiniones y experiencias, que informen a los especialistas de lo que en este campo se ha hecho y se está haciendo en España y para conocer los puntos de vista que tengan acerca de nuestras realizaciones y de las que ellos hayan llevado a cabo.



En homenaje a ellos y a su valiosa colaboración, publicamos el trabajo realizado por el Sr. Cabrera sobre Ripoll y en la publicación que pensamos hacer de las comunicaciones que se han recibido para el Symposium, recogeremos las discusiones a que pueda dar lugar y las conclusiones a que se llegue. De esta forma el I. C. C. R. contribuirá en la medida de sus posibilidades a la resolución de un problema que tanto preocupa a los especialistas de todo el mundo y, sobre todo, a los de más rico Patrimonio Cultural.

Respondemos también con ello a la atención que la UNESCO viene prestando a nuestro Instituto, del que fue valioso mentor el Dr. Coremans, cuya pérdida nunca lamentaremos bastante y cuyo recuerdo no podemos dejar de asociar a cuantas tareas colectivas se planteen, encaminadas a la conservación del Patrimonio Cultural del mundo. La comunicación del Sr. Cabrera no pretende, ni mucho menos, presentar el problema como definitivamente resuelto. Sólo aspira a informar de lo realizado y de los buenos resultados hasta ahora obtenidos, al tiempo que abre una interrogación con vistas al futuro. Para procurar resolver este interrogante y todos los demás de la misma índole que hay planteados, hemos convocado el I Symposium sobre la descomposición de materiales pétreos, cuyas conclusiones esperamos con singular interés.

GRATINIANO NIETO GALLO  
Director General de Bellas Artes

Detalle de la portada. Noviembre de 1964, antes de la consolidación.

"...al que vienen llamando mal de la piedra, que en los últimos decenios y en los lugares más distintos ha hecho su aparición con inusitado vigor..."

Nieto Gallo, Gratiniano (Director General de Bellas Artes). Introducción a: iñiguez Herrero, J. "Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción", Publicaciones del M. de Educación Nacional. Dirección General de Bellas Artes. Madrid. 1961, pag. 7.

## I INTRODUCCIÓN

El pueblo de Ripoll (provincia de Gerona), situado en el valle pirenaico confluencia de los ríos Ter y Freser, a 631 metros sobre el nivel del mar, surgió en torno al Monasterio fundado en el siglo VI.

La entrada del templo está decorada con una monumental portada "Arco del triunfo del Cristianismo" en piedra, esculpida al parecer por artistas del siglo XII.

Cuando se conoce la "Portada de Ripoll" esta aparición que une el pasado al presente, hace tangible la realidad histórica debilitada, y como desfasada por la lejanía de los tiempos. Pero todo eso forma un espectáculo maravilloso que tiene su prestigio, su grandeza, su atractivo; ya no es un nombre sino una sensación que nos revela por qué ocupa en nuestros libros de Arte y de Historia un lugar glorioso.



En nuestra época de progreso científico y de evolución a la escala atómica podemos considerarnos satisfechos de poseer ese tesoro testigo de la grandeza de nuestras tradiciones y del genio de nuestros artistas que nos ofrece la posibilidad de enriquecernos con su contacto y de satisfacer ese "gusto de lo bello" que dormita en el fondo del corazón de todo ser humano. De aquí la responsabilidad que todos tenemos que sentir por su conservación.

Cómo acontece en tantos monumentos, la portada del Monasterio de Santa María de Ripoll estaba enferma.

Su conservación, desde hace unos años, viene siendo principal preocupación de la Dirección General de Bellas Artes. Por iniciativa de este organismo, un tratamiento le ha sido aplicado y los resultados son satisfactorios. El objetivo de este estudio es: caracterizar los síntomas de la enfermedad y establecer las bases que nos permitan atacar las causas en su raíz, exponer detalladamente el tratamiento aplicado resumiendo los resultados obtenidos sobre el plano material y estético, en fin, proponer las medidas de conservación que creemos son necesarias.

Toda materia que vive, está sujeta a alteración y, por tanto, debe perecer un día; lo mismo que los médicos, nosotros, conservadores del Patrimonio Artístico, no podemos más que relentizar al máximo esta evolución inexorable.

Para comprender mejor los principios de la conservación, fin último de la actividad de nuestros técnicos, debemos empezar por familiarizarnos con los materiales antiguos y su degradación, volcándonos sobre la materia de que están hechos e interrogándonos sobre su composición, su estructura, su alteración, en fin, sobre su conservación o su restauración.

Todo tratamiento de una alteración, todo análisis de identificación un poco profundo, debe estar apoyado sobre los métodos científicos de examen, que sostienen y muchas veces garantizan, el diagnóstico del experto. De todas formas, no sería correcto el creer que ellos nos dan una certeza objetiva en el conocimiento técnico de la obra y de su alteración, pues no son más que un medio de la inteligencia crítica y no su fin.

Estos son, poco más o menos, los conceptos básicos que debe de seguir una especialista en el dominio de la conservación del Patrimonio Artístico.

Que mi más profunda gratitud pueda llegar a Mr. Paul Coremans (R.I.P.), Director Fundador del Institut Royal du Patrimoine Artistique (Bruselas), a Mr. René V. Sneyers, su Director actual, por su dirección en el proyecto y realización de este trabajo, a todos los compañeros de los laboratorios y a todos los colaboradores del I.R.P.A.\* e igualmente a los del Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" (c. S. I. c.), de la Junta de Energía Nuclear y del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología.

## II ICONOGRAFÍA DE LA PORTADA

La Portada de Ripoll es uno de los monumentos más considerables de la escultura románica, tanto por sus dimensiones materiales (una longitud de once metros y una altura de más de siete metros) como por la amplitud de su programa iconográfico.

Encima de las dos estatuas (San Pedro y San Pablo) adosadas a las columnas de la puerta, doce relieves cuentan la vida y la muerte de los dos santos; más abajo, otros doce están repartidos entre la historia de Jonás y la de Daniel; sobre el intradós del vano de la puer-

\* COREMANS, Paul. "Un enseignement théorique et pratique sur l'examen scientifique et la conservation des biens culturels" en Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruselas, T. VI, 1963, págs. 80-85.



Vista general de la portada. Noviembre de 1964 (antes de la consolidación)

ta se distingue la historia de Caín y Abel. Los relieves continúan sobre la cara interna de los montantes, hasta el umbral, para escenificar en doce compartimentos los meses del año. A la izquierda y derecha de la Portada, los bajo-relieves se desarrollan en cinco zonas superpuestas. Dos de ellas, las más próximas al suelo, están ocupadas por filas de animales, siluetas minúsculas o grandes monstruos en alto-relieve. Encima de la zona inferior, las figuras humanas de tamaño natural están alineadas bajo arcadas de débil relieve, formando dos grupos: en un lado está el rey David con sus músicos; en el otro, Cristo delante de Pilatos y el martirio de un obispo santo. Las tres zonas superiores, hasta la parte más alta, cuentan la historia de Moisés, ilustrada por cuadros de batallas bíblicas. En fin, un friso continuo, muy parecido al de la fachada de "Santa María de Carrión" <sup>19</sup> pasa por encima y ocupa toda la longitud del antecuerpo. Allí está Cristo glorioso, en su trono, rodeado de los Viejos del Apocalipsis que tocan su música celestial.

Una buena parte de esta iconografía es la transcripción sobre piedra de Biblias catalanas análogas a la de Farfa<sup>14</sup>.

Los historiadores del Arte están de acuerdo en que no existe en Francia ninguna fachada románica que pueda pasar por el prototipo de esta muralla de bajo-relieves. Otros encuentran en Italia obras dispuestas de una manera análoga, San Zeno de Verona <sup>17</sup>, Saint-Michel de Pavía y la Catedral de Módena, <sup>7</sup> y suponen que los escultores que decoraron la rica iglesia catalana eran "Comacini" viajeros, como los que llegaron a los valles más recónditos de los Pirineos, para trabajar, en 1175, en la Seu d'Urgel. <sup>2</sup> Es exagerada la importancia dada a la influencia a St. Denis, aunque verdaderamente el asunto se complica por el hecho de que Gilbert, que se admite trabajó en Chartres, trabajó también activamente, por esa misma época, en Cataluña. <sup>14</sup>

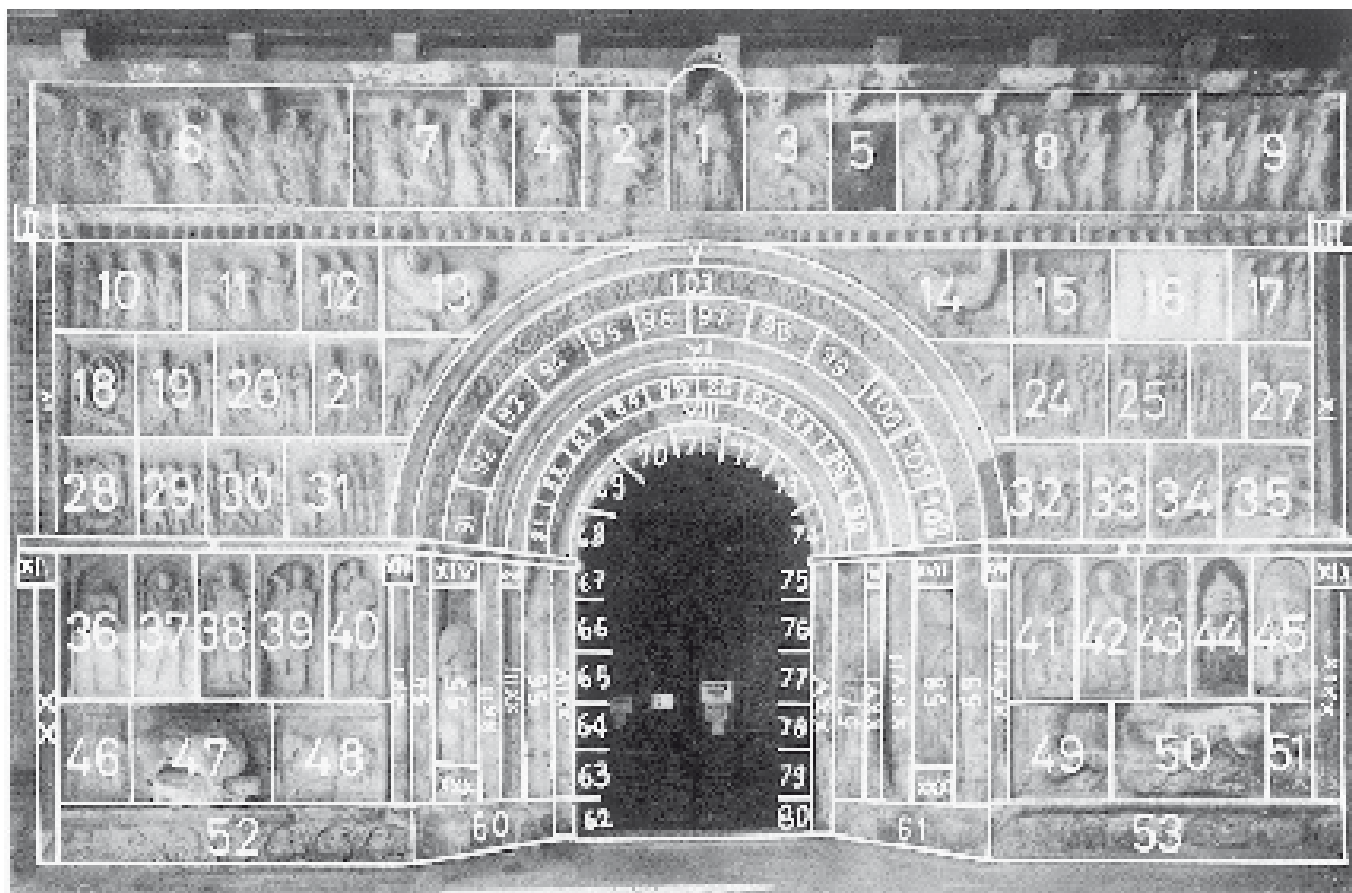
De todas formas, todo el mundo está de acuerdo para decir que de la Portada de Ripoll se desprende un gusto típicamente local y español.

## RELACIÓN DE LOS TEMAS ICONOGRAFICOS DE LA PORTADA\*

1. El Omnipotente.
  - 2, 3. Ángeles.
  4. Atributo del evangelista San Mateo.
  5. Atributo de San Juan.
  - 6, 7, 8 y 9. Los 24 ancianos representando a los 24 libros del Antiguo Testamento.
  - 10, 11 y 12. Santos mirando al Omnipotente.
  13. Atributo del evangelista San Marcos.
  14. Atributo de San Lucas.
  - 15,16 y 17. Santos mirando al Omnipotente.
  18. Sueño de Salomón pidiendo la sabiduría.
  19. Juicio de Salomón en el pleito del niño.
  20. Naamán unge a Salomón por rey y su proclamación.
  21. Piden a David que sea Salomón su sucesor.
  - 22 y 23. Cigüeñas decorativas.
  24. Moisés haciendo manar una fuente de agua.
  25. Los israelitas pidiendo agua.
  26. Los israelitas guiados por el ángel. Columna de fuego. Lluvia de codornices.
  27. Lluvia del maná.
  28. Traslado del Arca de la Alianza.
  29. Hombres acompañando el Arca.
  30. La ciudad de Jerusalén apestada.
  31. El profeta Gad ordenando a David un holocausto al Señor.
  - 32, 33, 34 y 35. Batalla de Rafidim entre Josué y Amalec.
  - 36, 37, 38, 39 y 40. La glorificación de Cristo bajo la figura del profeta David entre personajes músicos.
  - 41, 42, 43, 44 y 45. El Señor entrega la ley a los conductores del pueblo de Israel, figurados en los próceres de la época.
  - 46,47 y 48. La segunda visión de Daniel.
  - 49, 50 y 51. La primera visión de Daniel.
  52. Racimos y leones.
  53. Representaciones de los pecados capitales.
  54. Figuras decorativas y símbolos del Zodíaco.
  55. San Pedro.
  - 56 y 57. Figuras decorativas y símbolos del Zodíaco.
  58. San Pablo.
  59. Figuras decorativas y símbolos del Zodíaco.
  - 60 y 61. (Nada).
  - 62, 63, 64, 65, 66 y 67. Representaciones de los meses del año.
  68. Abel asesinado por Caín.
  69. Abel ofreciendo a Dios las primicias de su rebaño.
  70. Angel incensando al Señor.
  71. El Omnipotente.
  72. Angel incensando al Señor.
  73. Caín pretendiendo ofrecer a Dios los frutos de la tierra.
  74. Caín sepultando a Abel.
  - 75, 76, 77, 78, 79 y 80. Representaciones de los meses del año.
  - 81, 82, 83, 84 y 85. Escenas de la vida de Jonás.
  86. El árbol soñado por Nabucodonosor.
  87. Estatua de Nabucodonosor y músicos.
  - 88, 89 y 90. Escenas de la vida de Daniel.
  - 91, 92, 93, 94, 95 y 96 Escenas de la vida y la muerte de San Pedro.
  - 97, 98, 99, 100, 101 y 102. Escenas de San Pablo.
  103. Arco decorado de medallones circulares con motivos vegetales y animales; en el centro el cordero de Dios con un ángel a cada lado.
- l a XXXI. Frisos, columnas y capiteles.
- Son 14 las composiciones laterales, que no están representadas.

---

\*Ver el esquema que se reproduce en la Figura 5 bis.



Pauta numerada de la Portada para facilitar las referencias del texto.

### III HISTORIA MATERIAL DEL MONUMENTO

Al situarla en el centro de este trabajo que-remos indicar la importancia que debe darse a la obtención del máximo de hechos históricos susceptibles de haber ejercido una influencia cualquiera sobre su evolución material y a su confrontación con los argumentos de orden estilístico, físico-químico, arquitectural y “técnico” examinados más tarde.\*

Los hechos relacionados con la Portada o con el conjunto que la abrigan, los resumimos en forma de un cuadro sinóptico, esforzán-donos en no menospreciar ningún hecho por muy insignificante que parezca. A pesar de las lagunas que puedan existir, estos datos, en su forma presente, constituyen un elemento útil

para profundizar en los numerosos problemas que plantea su mal estado de conservación.

Nº	FECHA	HECHOS QUE AFECTAN A LA PORTADA	HECHOS QUE AFECTAN AL MONASTERIO
1	SIGLO XII	EJECUCIÓN DE LA PORTADA.	
2	1207		El abad Peremola tuvo que consolidar y reha-cer algunas partes del claustro y restaurar las murallas primitivas.
3	1280 a 1310	Probablemente fue en esta época cuando se levan-tó el Pórtico que cobija la Portada.	

\* Me parece útil recordar las palabras de Mr. Paul Coremans “Nous posons en axiome que la réunion et la confron-tation des éléments d’appréciation d’ordre historique, scientifique et esthétique, est la condition premiere, a défaut de laquelle nul n’est en droit de prendre la responsabilité du traitement d’une oeuvre d’art importante”.

4	1359 a 1362		El abad Jaime Vivers erigió una capilla en el extremo occidental del pórtico
5	1377		El monje N. Umbrells completó el conjunto con unas nuevas puertas de acceso al Templo.
6	1380 a 1383		El abad Galcerán de Besora edificó la galería superior del claustro y al final de ella una capilla.
7	1384 a 1408		El abad Ramón Descatllar dio el impulso decisivo en la obra del claustro; restauró notablemente el palacio abacial, en el que construyó las cámaras regias, y construyó un nuevo edificio para el archivo.
8	2 febrero 1428	Terremoto desastroso que afectó al Monasterio intensamente; hundimiento de la bóveda de la nave central junto con el cimborrio y la parte superior del ábside mayor y la bóveda de la nave llamada de San Gregorio. Uno de los campanarios quedó medio destruido con la otra mitad que amenazaba ruina, mientras que la sacristía resultó completamente deshecha. Los monjes tuvieron que edificar una iglesia provisional.	

9	15 mayo 1432	Trabajos de reconstrucción.	En esta fecha el abad Dalmacio Cartellá, que emprendió las obras de reconstrucción, contrató a destajo, por 425 florines de oro, la bóveda correspondiente sobre el presbiterio, al maestro de Barcelona Jaime Grael.
10	1439	La obra de reconstrucción no estaba aún terminada	
11	26 noviembre 1455		El abad Beltrán de Samaso contrató con uno de los mejores pintores de Barcelona, Jaime Huguet, el retablo del altar principal.
12	1463	La soldadesca de Rocaberti irrumpió violentamente en el Monasterio saqueándolo y rompiendo.	
13	1517 a 1534		El abad Jaime Rich hace levantar la torre del palacio abacial.
14	1623.		El abad Pedro Sanz reordenó el conjunto del presbiterio y del altar mayor según el gusto de la época; empezó por prescindir de la cripta que dejó inservible y cegada; en el fondo del ábside hizo levantar un retablo de arquitectura.
15	1686		Construcción de un camarín para la Virgen detrás del ábside, con escaleras de acceso a ambos lados del retablo mayor.

16	1794	Incursión de la soldadesca francesa que saqueó el Templo	
17	1826 a 1830	La Basílica amenazaba ruina y el arquitecto vicense, José Morató, introdujo cambios tan radicales como reducir a tres las antiguas cinco naves. El interior fue revocado con yeso.	
18	9 agosto 1835	Las turbas arrieron contra el templo y el incendio voraz se ensañó en los edificios del Monasterio	
19	febrero 1847		Se desplomó la crujía del claustro de la sala capitular.
20	20 marzo 1856		Cayó la torre del palacio abacial.
21	21 marzo 1886	Empieza la restauración dirigida por el arquitecto Elías Rogent, que duró siete años (ver fig. 6).	
22	1 julio 1893		Consagración de la Basílica, restaurada, por el obispo Morgades.

Estos datos se han obtenido esencialmente de Pellicer (20) y Rogent (25).

En estos últimos años la "historia material" podemos centrarla sobre la Portada, gracias a la enorme documentación fotográfica recogida, que procede en su mayor parte de los Archivos y Reproducciones MAS de Barcelona.

Nº	FECHA	DEDUCCIONES Y HECHOS (PORTADA)	REFERENCIA
23	anterior a 1905	Fotografía (vista lateral desde el lado derecho); nos muestra que el pórtico está en obras, el suelo está a un nivel más bajo que el actual, falta una de las columnas (ver fig. 5. Sito XX), el friso superior está muy deteriorado.	ENLART, Camille (7) Fotografía de: Enlart, C.
24	anterior a 1906	Fotografía (vista lateral desde el lado izquierdo); nos muestra que las obras están terminadas, el suelo tiene el nivel actual y el friso superior está restaurado.	BERTAUX, Emile (2) Fotografía de: D. M. Fau (Barcelona).
25	1907	Fotografía del conjunto de la Portada (vista lateral izquierda). Muy parecida a la del n.O 24.	Archivos y R. MAS
26	1908	15 fotografías que reproducen con gran exactitud la Portada y su grado de alteración (ver fig. 7).	A. y R. MAS
27	1916	8 fotografías en detalle, que se han utilizado para comparadas con otras similares de años anteriores y posteriores, lo que demuestra el avance realizado por la alteración.	A. y R. MAS
28	1919	Nos llegan 4 fotografías; en la E-1-5478, resaltan las eflorescencias blancas del muro frontal del pórtico.	A. y R. MAS
29	1929	1 conjunto y '18 detalles, que igualmente se han utilizado desde el punto de vista comparativo.	A. y R. MAS

30	1931	Es especialmente rico en documentación fotográfica; empieza en este año la serie Gudiol de los A. y R. MAS, que nos proporciona 2 fotografías de conjunto y 127 detalles (ver fig. 8).	A. y R. MAs
31	1933	9 fotografías en detalle, especialmente importantes : la atención del fotógrafo se centra en la alteración de la Portada. La fotografía G-A-482 bis: manchas blancas en el muro del pórtico (igual que actualmente). Los demás detalles demuestran que el grado de alteración es muy avanzado.	A. y R. MAs
32	1936	Nueva oleada de profanaciones que devastaron los altares y destruyeron los cristales, pero que, al parecer, la arquitectura sufriera. Nos llega una fotografía en la que se ven, en el suelo del pórtico, cantidad de pequeñas piedras	A. y R. MAs
33	1942 a 1950	Dos fotografías, en detalle, de figuras de la Portada muy alteradas. Su comparación con las de otros años nos permite establecer que la alteración ha progresado mucho	A. y R. MAs
34	1952	1 Conjunto y 8 detalles (comparación)	A. y R. MAs
35	1953	2 Conjuntos y 6 detalles (comparación)	A. y R. MAs
36	1954	1 detalle (comparación)	A. y R. MAs

37	1957	2 detalles (comparación)	A. y R. MAs
38	1961	Visita de los asistentes al Congreso del I.C.O.M. que se celebró en Barcelona, en el que ilustres especialistas de toda Europa discutieron el problema	
39	1961	Pruebas de consolidación con cera, realizadas por el Sr. Sanmartín (ver fig. 5 sit: 5,44 zona inferior de V y un motivo lateral)*	Archivos del I.C.C. R. Madrid
40	octubre 1961	Pruebas de consolidación realizadas por Selim Augusti mediante una lechada de cal (ver fig. 5 Sit. 16 y mitad inferior de 36 y 37; zonas blancas**)	Augusti, Selim "Informe /.../" (1)
41	1962	El Dr. Bohdan Marconi realizó unas pruebas de consolidación sobre fragmentos de piedra de la Portada, con un proceso electrolítico.	Archivos del I.C.C. R. Madrid
42	mayo 1962	Mr. Dorl realizó en Ripoll unos ensayos del procedimiento utilizado por él en casos análogos.	Archivos del I.C.C. R. Madrid
43	1962	Prueba de consolidación realizada por el Prof. suizo Mr. WEBER (ver fig. 5. Sit: 48).	Correspondencia Archivos del I.C.C. R. Madrid.
44	septiembre 1963	El Dr. IÑIGO LEAL se personó en Ripoll para comprobar la intensidad de la alteración y obtener datos de las posibles causas del mal.	IÑIGO LEAL. "Informe/.../". (12)



45	septiembre 1963	Se crea por Orden Ministerial la comisión n.º 8 de especialistas, vinculada al Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" (C. S. I. .) para estudiar los resultados de los ensayos realizados y cuantos problemas se relacionen con la descomposición de los materiales pétreos.	
46	1963	6 fotografías de detalles (comparación).	A. y R. MAS
47	enero 1964	Mr. Artur KRATZ visita Ripoll y con los datos y muestras por él recogidos emite un informe.	KRATZ, A. "B ericht /.../" (15)
48	mayo 1964	D. Gregorio RAMÓN CEBRIÁN y el señor GUEVARA realizan en la Portada pruebas de consolidación con un producto cuya composición esperamos sea pronto dada a conocer.	Archivos del I.C.C. R. Madrid.
49	6-25 noviembre 1964	Trabajos de consolidación y limpieza realizados en la Portada por técnicos especializados del I. C. C. R. bajo la dirección de D. José María CABRERA GARRIDO, primera etapa de un tratamiento de conservación más amplio, objetivo de este estudio.	CABRERA, J. M. "Informe/... /". (26)

Especial mención merece la atención constante que todo el personal del Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional ha prestado a Ripoll y principalmente las obras y exploraciones realizadas bajo la dirección del Arquitecto Conservador de Monumentos de la Zona de Levante Sr. D. Alejandro Ferrant, tendentes a asegurar la impermeabilidad de

la Portada y a la toma de datos sobre sus elementos constructivos. Bajo la dirección del Prof. Rey Pastor, la Escuela de Topografía de Madrid ha realizado con toda meticulosidad la toma de datos fotogramétricos que permitan hacer, en caso de necesidad, una fiel reproducción de la Portada.

#### IV ESTUDIOS Y PRUEBAS REALIZADOS CON ANTERIORIDAD PARA ATAJAR LA DESINTEGRACIÓN PROGRESIVA DE LA PORTADA

Mucho más que los objetos de las colecciones, los monumentos se alteran por estar expuestos a la acción directa de los agentes atmosféricos. En Europa, incluso en los países más conscientes de la gravedad del problema y mejor dotados en medios de investigación, los monumentos sólo se mantienen en vida con la ayuda de gastos, a veces exorbitantes, dedicados a la restauración (no muy duradera por demás) del edificio, que consiste en reemplazar los materiales originales por otros nuevos. Evidentemente la preservación del original, es decir, su conservación es algo actualmente incierto que generalmente se esquila para dedicarse al salvamento, más espectacular, de las obras maestras de la pintura.

Consciente del problema que desde hace años planteaba la desintegración de la piedra del Monasterio de Santa María de Ripoll, la Dirección General de Bellas Artes no ha cesado de buscar un procedimiento de conservación para atajar esta "lepra" demolidora de la piedra, sin escatimar medios para conseguirlo.

La gran labor realizada en la investigación de las causas de este mal y de procedimientos terapéuticos, ha ido agrupando los trabajos de especialistas extranjeros y españoles, pedestal firme sobre el que hoy podemos intentar una síntesis.

Se han ocupado principalmente del problema:

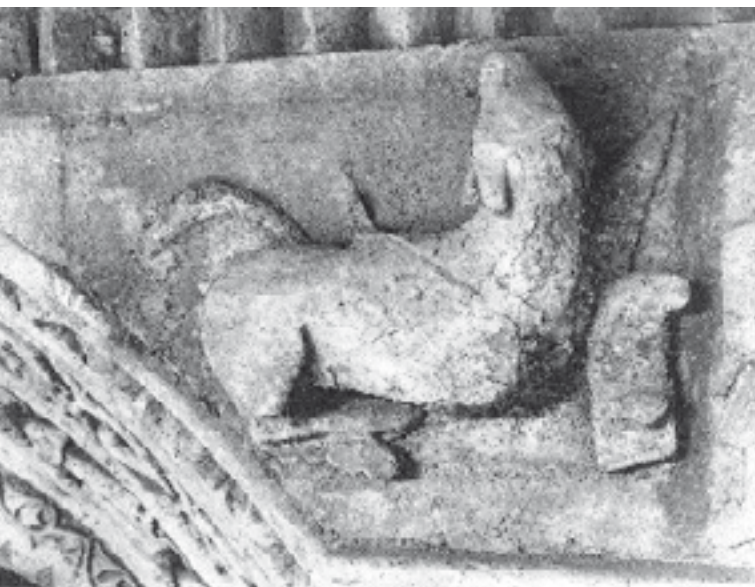


Fig. 8. Detalle de la portada (Fig. 5 sit. 14). 1931. Archivos y Reproducciones Mas, Barcelona. Negativo: Gudiol-A-250. La alteración parece ser más intensa que en 1908.

El profesor Selim Augusti, Director del Laboratorio Físico-Químico del Museo y Galerías Nacionales de Capodimonte. Nápoles.<sup>1</sup>

D. Baldomero Iñigo Leal, Jefe del Laboratorio de Microbiología del Departamento de Fermentaciones Industriales del Patronato de Investigación Científica y Técnica Juan de la Cierva (C.S.I.C.) Madrid.<sup>12</sup>

Artur Kratz, Restaurador del Departamento de Escultura de la Fundación Tesoro Cultural Prusiano. Museos del Estado. Berlín.<sup>15</sup>

Y muy especialmente la Comisión Especializada del Patronato "Juan de la Cierva" para la Conservación de la Portada y Claustro del Monasterio de Ripoll<sup>8</sup> integrada por un geólogo, un químico, un biólogo, un microbiólogo, un arquitecto y un especialista en plásticos.

Expondremos someramente las investigaciones efectuadas por estos científicos extranjeros y españoles, con vistas a la detención de la enfermedad de la piedra de Ripoll.

El Profesor Selim Augusti, partiendo de las observaciones, muestras y datos obtenidos por él mismo en Ripoll durante su visita del 10 de octubre de 1961, concluye como sigue:<sup>1</sup>

1) Las piedras que forman la materia prima constitutiva, tanto de la Portada de la Basílica como de los capiteles de las columnas del ala románica del Claustro, son, en todos los casos, "areniscas".

2) Las areniscas son "rocas de agregación", o sea, están formadas por fragmentos cristalinos procedentes de detritus de rocas preexistentes, mantenidos juntos por una sustancia cementadora y por tanto, están fácilmente sujetas a alteraciones por disgregación.

3) Las areniscas de Ripoll son en particular "areniscas cuarzosomicáceas con cemento calcáreo" constituidas principalmente por cristales de cuarzo, con pequeñas cantidades de cristales de micas (muscobitas y biotitas), cimentadas por el carbonato cálcico y más o menos coloreadas por pigmento hematítico, sobre todo en las zonas de piedra más roja.

4) Las alteraciones observadas en la piedra de Ripoll se deben a la disgregación provocada en la arenisca por la disminución de la cohesión entre los granos cimentados, o sea, se deben a un fenómeno netamente físico.

5) Las causas que han provocado tal disgregación son de naturaleza física y de naturaleza química. Se deben a agentes externos y, sobre todo, a la acción del agua que absorbe esta piedra, por su porosidad y por su estructura estratificada, de forma agrietada, y a la acción combinada del agua y del anhídrido carbónico del aire, que han atacado al cemento calcáreo de la arenisca, provocando la disminución de cohesión entre los cristales que componen la piedra, y en segundo lugar, a la dilatación y consiguiente disgregación provocada por el calor (ya sea bajo forma temperada, pero continua, del calor solar, ya sea bajo forma violenta, pero ocasional,

del calor del incendio que tuvo lugar el siglo pasado) y por el hielo (por el cual el agua al helarse con aumento de volumen en el interior de la piedra provoca la disgregación).

#### Eliminación de las causas de la alteración

El principal responsable de la alteración es el agua embebida por la piedra que tiende a absorber por su porosidad y por su forma agrietada. Hace falta solamente, ahora, por lo que se refiere a la Portada, asegurarse de que no hay, absolutamente, ninguna infiltración de agua procedente del tejadillo del soportal que la cubre, y que no haya absorción de agua, por capilaridad, procedente del subsuelo. Habrá, sin embargo, que proceder con tiempo, antes del próximo otoño a proteger de la niebla y del viento húmedo la fachada de la Portada, lo cual creo que puede hacerse con lonas impermeables (del tipo de las que usan para la protección del cargamento de camiones) colocadas al exterior del soportal, desde arriba hasta un metro aproximadamente del suelo, para permitir la ventilación y evitar que se forme una zona húmeda estancada bajo el soportal (y no se excluye la idea de una protección de este tipo también para el ala románica del Claustro).

Por lo que se refiere a la acción del calor solar no hay de momento ninguna preocupación, ya que se trata de piedra húmeda (antes bien, como acabo de decir, podrá favorecer la desecación).

#### Consolidación de la piedra

De todo cuanto he referido anteriormente se deduce que el cemento calcáreo de la arenisca se altera, provocando la disgregación de la piedra, principalmente por el hecho de que el ácido carbónico (formado por la combinación del agua con el anhídrido carbónico del aire) hace soluble el carbonato cálcico, transformándolo en bicarbonato de calcio. [Plantea, a continuación, el profesor Augusti

las ecuaciones químicas representativas del proceso y de la ecuación de equilibrio deduce]:

Siendo el carbonato cálcico prácticamente insoluble, su contracción influirá poquísimamente en la reacción, que en cambio será influida al máximo por las cantidades de agua y de anhídrido carbónico /.../

Para evitar esta acción disgregadora será necesario reducir al máximo el agua y el anhídrido carbónico, con el fin de provocar la reacción inversa, es decir, la transformación del bicarbonato cálcico, soluble, en carbonato cálcico insoluble. Hará falta por tanto eliminar la mayor cantidad posible de agua, o sea deshidratar la piedra, y fijar el anhídrido carbónico, bajo forma de carbonato, con el fin de sustraerles al equilibrio. Esta será la tarea del proceso de consolidación, con oportunos medios prácticos y sustancias adecuadas; se necesitará, prácticamente, "rehacer el cemento de la arenisca" para darle de nuevo consistencia.

Las pruebas de consolidación realizadas por indicación del Profesor Augusti consistieron en la aplicación de una lechada de cal que al parecer fue más densa de lo que el Profesor indicó (comunicación personal), lo que indudablemente influye en los resultados y sobre todo en la apariencia del sector tratado (Ver figs. 5 sit: 16 y mitad inferior de 36 y 37, zonas blancas).

En su estudio, el Profesor Augusti analiza y plantea de forma magistral tanto las características del material con que se enfrenta como los mecanismos generales del proceso de la alteración, pero no aparece en su trabajo un análisis completo de las eflorescencias salinas, que él mismo refleja del mayor interés, centrándose sus conclusiones hacia el mecanismo de la bicarbonatación del cemento calcáreo.

Tras de unos análisis preliminares sobre muestras de piedra procedentes de Ripoll, que pusieron de manifiesto la infección bacteriana que poseían, el Dr. Iñigo Leal, en septiembre

de 1963 se personó en Ripoll para comprobar la intensidad del ataque, forma y características bioecológicas de la infección y datos de las posibles causas del mal. En su Informe,<sup>12</sup> el Dr. Iñigo Leal dice:

“Partiendo de un detenido estudio bibliográfico sobre morfología, aislamiento, cultivo y metabolismo de los *Thiobacillus*, sulfobacterias que entre otras se suponen agentes de la infección bacteriana del Monasterio de Ripoll, se han seleccionado y puesto a punto los medios de aislamiento y cultivo de dichos microorganismos.

De las seis muestras utilizadas en los experimentos, cuatro han sido remitidas asépticamente desde Ripoll y corresponden a distintos puntos del Monasterio, mientras que las dos muestras restantes tomadas como testigos por su fuerte infección, pertenecen respectivamente a una roca caliza con láminas de sulfato cálcico de Sigüenza y a la fuente sulfhídrica de Bañolas.

Los medios de cultivo utilizados son los propuestos por la Society of American Bacteriologist (Manual of Microbiological Methods. Mc. Graw-Hill) y por Visniac (Bacteriological Review. Vol. 21, págs. 195. 1957).

A partir de los medios de enriquecimiento, los exámenes tinción, revelan la existencia de pequeños cocobacilos aislados, veces en forma de coma, inmóviles o girando sobre sí mismos. Después de realizar los pases de líquidos de enriquecimiento a medios sólidos, han aparecido previa incubación durante 30 días, distintos tipos de colonias: A) marrones uniformes a los 6 días. B) blancas festoneadas a los seis días. C) azuladas con ligera fluorescencia a los seis días. D) rojizas-anaranjadas de aparición tardía que oscila entre 20 y 30 días.

Observando estas colonias al microscopio estereoscópico con 60 a 120 aumentos se ha podido apreciar perfectamente la morfología de las mismas así como los depósitos de

azufre alrededor de las colonias en algunas muestras.

Siguiendo las normas de identificación del Bergey se ha comprobado la capacidad o incapacidad de asimilación de sustancias orgánicas de estos microorganismos sobre productos como gelatina, leche, patata y zanahoria, que se hacen patentes por fusión, alteración del pH hacia la zona alcalina y producción de pigmentos amarillos crema y rojizo, respectivamente.

Es un problema complicado y poco conocido que requiere un mayor número de pases en los líquidos de enriquecimiento para tener una garantía absoluta en los cultivos de autótrofos.

En vista de los resultados obtenidos en estas copas llegamos a la conclusión de que uno de los microorganismos existentes es el *Thiobacillus novellus*, única especie heterótrofa.

A continuación se comprobarán los resultados aumentando el número de pases en los líquidos de enriquecimiento para asegurar el aislamiento de las especies autótrofas y poder iniciar a partir de ellos un estudio metabólico que nos proporcione una idea clara de la actividad de estos microorganismos.

Artur Kratz, invitado especialmente por el Instituto Central de Conservación y Restauración de Madrid, visita Ripoll (15-23 de enero de 1964) y con los datos y muestras por él recogidos elabora el Informe 15 que resumimos como sigue:

“El proceso de destrucción está muy avanzado. La superficie está completamente pulverizada, disuelta, en unos puntos, hasta diez centímetros de profundidad. El núcleo de la piedra está aún duro, pero ya con síntomas de la enfermedad.

La Portada consta de piedras superpuestas sin estar unida con mortero, sino adosada simplemente al muro de la iglesia. La superficie exterior está labrada a modo de relieve.



Fig. 10. Detalle de la portada (fig. 5. sit. 14). Noviembre de 1964 (después de la consolidación y limpieza). Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid). Una vez consolidada la piedra, una ligera limpieza superficial ha eliminado el peligro potencial de las sales acumuladas en la superficie y ha hecho resurgir detalles perdidos.



Fig. 9. Detalle de la portada (Fig. 5. sit. 14). Noviembre de 1964 (antes de la consolidación). Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid. Las eflorescencias blancas recubren totalmente la piedra; los depósitos de mugre deforman los relieves; la alteración ha progresado considerablemente en los últimos años (ver fig. 8)

El material empleado es en su mayor parte piedra arenisca calcárea, de diversa composición y dureza. Los granos de cuarzo son de distintos tamaños. Contiene mica clara y oscura y algo de feldespatos.

En cuanto a sales solubles se observan grandes cantidades de sulfatos y carbonatos en combinaciones con calcio. También hay grandes cantidades de combinaciones metálicas, de aluminio y manganeso, p. e. silicato de aluminio.

La presencia de grandes cantidades de combinaciones orgánicas (de nitrógeno, de sulfuro y aminoácidos) permite deducir la existencia de microorganismos. Para las pruebas se disponía de tres fragmentos mayores así como de dos fragmentos menores, ya tan pulverizados que sólo a medias resistieron el transporte. También se utilizó una pequeña cantidad de polvo de piedra arenisca desprendido de la fachada. Las causas de destrucción han de buscarse en la acción de los

factores climáticos y en sus consecuencias. Durante siglos, la Portada estaba expuesta a la intemperie. El tejado que lo protege es de fecha relativamente reciente. Quizás tenga lugar a consecuencia de la desecación, de la piedra, con desplazamiento de materias destructoras hacia la superficie, materias que habían penetrado en la piedra con la humedad, y de esta manera es ahora cuando se produce la destrucción de la superficie. Desde el suelo y desde la obra del pórtico no recibe humedad. Las sustancias existentes tienen una gran capacidad destructiva y originalmente no se hallaban en la piedra.

Según los resultados de la serie de pruebas, sólo se consigue el saneamiento si se consigue restablecer la estructura cristalina pura de la piedra, es decir, hay que eliminar o hacer inofensivos todos los cuerpos extraños destructivos.

Sigue la descripción detallada de las pruebas, que resumimos brevemente.



Fig. 11. Detalle de una de las pruebas realizadas por el Sr. Artur Kratz (15) mediante impregnación al vacío con silicatos y fluatos. Negativo: Artur Kratz.

#### Prueba n.º 1

Se emplearon los métodos habituales de impregnación, por inmersión, sin quitar previamente la materia morbosa, utilizando: a) un medio que contiene silicato; b) otro que contiene fluato;

e) un producto con aceite y otro con cera. Con esta prueba se consiguió una conservación para pocos meses. Sólo en la prueba Ib se observó una modificación del proceso de la enfermedad debido a la neutralización de las sales. En todas las demás pruebas se renunció al empleo de materias orgánicas (aceite, cera), trabajando sólo con los medios que contenían silicato y fluato.

#### Prueba n.º 2

Consistió en dos partes. Primero, impregnación intensiva con fluato múltiple; luego, impregnación con silicato para fijar la cal libre y conseguir el endurecimiento.

#### Prueba n.º 3

Las dos operaciones de la prueba anterior se realizaron al vacío.

#### Prueba n.º 4

Polvo y partículas pequeñas se impregnaron con silicato en un recipiente de plástico.

#### Prueba n.º 5

A continuación se impregnaron con cera, con calentamiento mediante lámpara, para facilitar la penetración de la cera.

#### Prueba n.º 6

Un conjunto de piedra, arena y polvo de piedra, fue tratado cuidadosamente con un medio que contenía silicato, fijándola mediante pulverización con jeringa. Una vez alcanzada la solidificación de la superficie, todo el conjunto fue sumergido en el líquido e impregnado intensamente. El aspecto y la estructura de la material resultante, apenas se distinguían de una piedra natural y la composición química es la misma que la de la piedra original. Esta prueba es de una importancia extraordinaria para una eventual restauración. De ninguna manera se debe destruir la superficie aún existente, pero completamente pulverizada. Todos los demás medios ocasionan el derretimiento del polvo de piedra, o, una conglomeración, o, lo que es peor, se barre el polvo como con un pincel, de modo que sólo se conserva el núcleo de la piedra. Conseguida la dureza necesaria, fue tratada la pieza con fluato al vacío. El resto de la cal libre y de las sales fue convertido en cristales químicamente insolubles o disueltos completamente. Finalmente, el objeto de la prueba, fue expuesto a ácidos fuertes, inmerso durante unos días en ácido clorhídrico concentrado, finalmente expuesto a temperaturas entre 10 y 45 °C, así como alternativamente a humedad y sequedad, sin que se haya observado modificación alguna. (Fig. 11).

#### Prueba n.º 7

Se repitió la prueba anterior con una piedra completamente blanda, que sólo en parte había resistido el transporte. El tratamiento y los resultados fueron idénticos a los de la prueba n.º 6.

#### Conclusiones

Únicamente entran en consideración medios que contienen silicato y fluato. No

pueden emplearse los métodos habituales de restauración de superficies mediante pulverización e impregnación, ni siquiera usando los medios antes indicados.

El estado de la superficie de las piedras requiere el empleo, en primer lugar, de la impregnación con un medio que se petrifica (*verkieselt*) inmediatamente, para que la superficie pulverizada se conserve en su estado actual. No se debe barrer la superficie. Tampoco se debe emplear un líquido que se limite a conglomerarse con el polvo de piedra (*zusammenbacken*), cosa que ocurre necesariamente con todo líquido que no se petrifica formando inmediatamente una unidad con el polvo de piedra.

Demostró ser eficaz un medio que contiene silicato, el cual, pulverizado con una jeringa fijadora, forma inmediatamente una combinación silíceo con la superficie, la endurece y la conserva en el estado actual. Después de esto sigue otro endurecimiento con el mismo medio, que debe penetrar desde fuera. Sólo entonces se puede manejar la piedra sin que se deteriore la superficie pulverizada. Sin embargo tal tratamiento no es suficiente todavía. Hay que eliminar las sales y bacterias restantes. Esto se consigue con un medio ácido que contenga fluato, realizando la operación al vacío, ya que no debe quedar ningún residuo en la piedra. En resumen, hay que trabajar con dos medios de impregnación, observando el orden descrito. Constituye una condición imponente el que cada piedra sea tratada en su totalidad, cosa que se consigue, sin excesivos gastos, con el método descrito al vacío.

El Sr. Kratz al explicar su ingeniosa técnica operatoria del tratamiento <sup>16</sup> consistente en una circulación forzada de los productos consolidantes a través de la masa de la piedra, no analiza detenidamente la magnitud del monumento a tratar, pues en la Portada de Ripoll, el substrato material de la obra de arte representa más de 50 metros cúbicos de pie-

dra en grandes bloques bien asentados, que como el Sr. Kratz indica, están alterados casi en la totalidad del espesor que representan los relieves escultóricos. El enorme riesgo que supone el desmontaje de los grandes bloques profundamente alterados, junto con otros factores de tipo secundario, hicieron que las autoridades españolas responsables de esa obra maestra de nuestro Patrimonio Artístico, no se decidieran por este método propuesto.

En segundo lugar, no por la calidad científica sino por la escasa documentación que hemos podido recopilar (correspondencia que se conserva en los archivos del Instituto Central de Conservación y Restauración en Madrid) debemos citar la intervención:

1) Del escultor gallego Sr. Sanmartín, quien en 1961 hizo unas pruebas en la Portada, impregnando la piedra con una sustancia a base de cera virgen (ver fig. 5, sito 44, zona inferior de V y un motivo lateral, zonas oscuras), siguiendo los métodos empleados por los canteros gallegos para la consolidación del granito. La técnica operatoria no la conocemos, pero los espectadores del tratamiento aseguran que "luego de calentar la piedra con un soplete, aplican una pasta hecha con cera virgen y azufre". La piedra tratada cambia considerablemente de aspecto.

2) Del profesor Bohdan Marconi, jefe del Laboratorio Central de los Talleres del Estado para la Conservación, en Varsovia, se sabe que visitó Ripoll y que realizó pruebas de consolidación sobre unas muestras de la piedra con un procedimiento electrolítico, que por la forma en que nos lo describen bien pudiera tratarse del método "Cebertowitz" de impregnación con silicatos alcalinos por electroforesis, o de una extracción de sales, también por electroforesis, empleando en este caso, una corriente eléctrica de alta densidad (2000 A/cm<sup>2</sup> durante algunas horas), método que no es aún aplicable a piedras de un cierto espesor pues la elevación de temperatura resulta rápidamente excesiva.

3) D. Gregorio Ramón Cebrián, de la Cátedra de Farmacología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Madrid, en colaboración con el Sr. Guevara, en mayo de 1964, realizó pruebas de consolidación en la Portada del Monasterio de Santa María de Ripoll (ver fig. 5: sit: 4042 y un motivo lateral) con un producto cuya composición, esperamos sea pronto publicada.

La concepción moderna de la conservación corresponde a un criterio consciente y respetuoso de todos los aspectos de los problemas que el tratamiento científico de las obras de arte plantea.

4) En mayo de 1964, el Sr. D. Agustín Rafart, Delegado Local de Excavaciones Arqueológicas de la Comarca de Ripoll, envió a la Dirección General de Bellas Artes una muestra de piedra de la Portada, tratada con un barniz (del tipo de los empleados en pintura) pudiéndose rematar el tratamiento, según él, aplicando una pátina consistente en una parte de cera blanca de abejas por tres de trementina, al baño maría, y mezclando luego la solución con una cantidad discrecional del mismo barniz.

5) Otro procedimiento que se probó consolidando unos fragmentos de piedra procedentes de la Portada, fue la aplicación del producto "Etern-Stein", que el pintor D. Manuel Pampols en su memoria-detalle de la aplicación de su producto representado, explica que es un compuesto químico de naturaleza ácida y completamente inofensivo. Su acción, dice, consiste en expulsar la suciedad descomponiéndola mediante agua a presión; aplicado el producto resulta un aislamiento y una impermeabilidad completa. Las muestras tratadas fueron enviadas para su estudio al Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

6) En noviembre de 1963, el Sr. Vogt, Director de la Casa Giuliani B. m. b. H., Ludwigshafen/Rhein, conociendo por mediación de la Sra. D.& T. B. de Klaebisch la alte-

ración de la Portada, envió un informe a la Dirección del Patrimonio Artístico en el que dice que las piedras blandas expuestas a la intemperie y dañadas hay que limpiarlas con fluatos Kessler (mezclas de Magnesio y fluosilicato de Zinc) o también por ácido fluosilícico de efecto bactericida, tratándolas luego de limpiarlas con silicato sódico.

7) Se sabe que el profesor suizo Sr. Weber se interesó por el caso Ripoll; a él se atribuye una prueba en la Portada (ver fig. 5, sit: 48), pero ningún otro dato hemos podido recoger.

8) El 24 de marzo de 1963, Francis J. L. Dorl, Director de Investigación de "The Dorl system of stone protectiori", Summit, New Jersey, dirige a la Dirección General de Bellas Artes un texto explicativo de cómo y por qué con sus métodos de conservación de piedras, un verdadero mejoramiento es casi inevitable. De dicho texto, por estar dirigido "a personas que no son geólogos o/y químicos" sólo se deducen como datos que "los métodos están basados y fundados sobre observaciones de la naturaleza" y "que la apariencia de las piedras casi no se cambiará". Se realizaron pruebas por el Sr. Dorl pero no se alcanzaron los resultados apetecidos.

## V EXAMEN DE LABORATORIO

### La piedra

El examen microscópico, empleando la técnica de láminas delgadas <sup>18</sup> nos indica que se trata de una roca sedimentaria con cemento microcristalino arcilloso-calcáreo (en diversos puntos la calcita está mejor cristalizada en placas); los elementos detríticos son muy numerosos y en su mayor parte, granos de cuarzo generalmente angulosos y de muy diferente granulometría; el resto está constituido por plagioclasas, feldespatos, biotitas alteradas, muscovita y limonita. La macroporosidad es pequeña y existen numerosas fisuras (fig. 12).



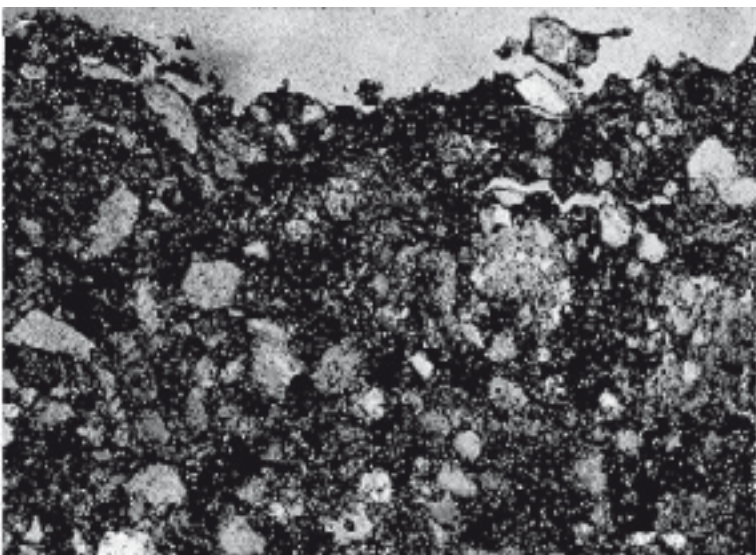


Fig. 12. Microfotografía con luz normal, 82 X: Arenisca con cemento calcáreo-arcilloso; entre los elementos detríticos predomina el cuarzo; existente numerosas fisuras.

EL ANÁLISIS QUIMICO DA:

pH:

Actual (en agua) .....	7,8
Potencial (en disolución IN de ClK).....	6,7
Humedad y volátiles a 105° C.....	2%
Materia orgánica (carbono orgánico xl, 724) .....	0,084%
Soluble en agua .....	4%
Soluble en ácido clorhídrico diluido (50%) .....	30%
Residuo insoluble constituido por:	
Arcilla .....	26%
Elementos detríticos .....	37%

Las características técnicas medidas son:

(Pr) Porosidad relativa (24 h. de inmersión en agua) .....	24%
(Pa) Porosidad absoluta .....	27%
(Cs) Coeficiente de saturación de Hirachwald .....	87%

En ensayo de digestión en CIH 50% (eliminación del cemento calcáreo) nos revela que la piedra sigue poseyendo una gran coherencia sólo debida a la parte arcillosa del cemento.

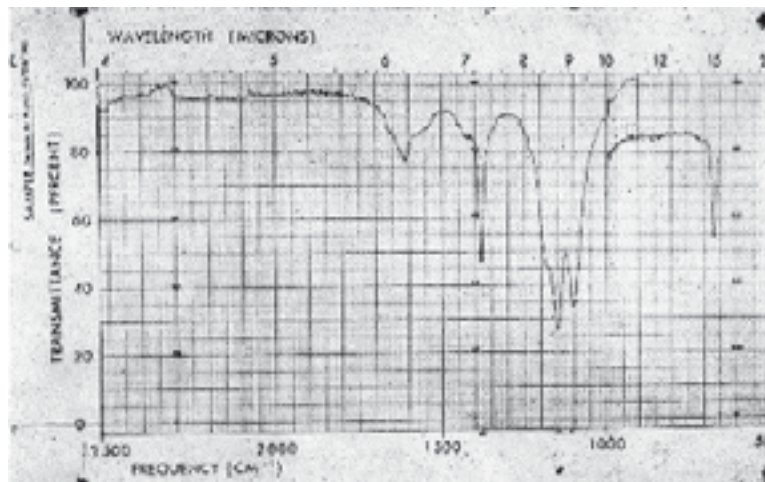


Fig. 13. Espectro infra-rojo de las eflorescencias que recubren la piedra. Revela la existencia de sulfato de manganeso, sulfato de calcio y nitratos. La banda no alcanza a los cloruros.

La alteración

El análisis químico de la piedra alterada nos indica en todos los casos, la presencia de sales solubles en el agua, compuestas por iones:

Cloruro (Cl<sup>-</sup>), Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca), Hierro y Manganeso siendo los cloruros los más importantes cuantitativamente. Estas sales que también se encuentran cristalizadas en el interior de la piedra, en la zona próxima a la superficie, constituyen del 2 al 6 por ciento de su peso, y el material es aún bastante consistente. En las muestras más superficiales, el contenido en sales solubles en el agua aumenta, llegando en algunos casos estudiados a alcanzar el valor de 33,7 %, siempre compuestas de los mismos iones ya mencionados. La espectroscopia infrarroja nos revela la presencia específica del sulfato de manganeso y del sulfato de calcio (fig. 13).

Dado que trabajos anteriormente realizados, centran el problema de la alteración en una disminución del cemento calcáreo de la piedra, hemos procedido a una valoración

comparativa de los Carbonatos existentes, sobre 15 muestras de diferentes grados de alteración, empleando dos métodos diferentes paralelamente:

a) Valoración volumétrica del anhídrido carbónico desprendido al tratar la muestra con CIH 50 % (Calcímetro de Bemard).

b) Valoración con CIH 50 % y Anaranjado de Metilo como indicador.

El contenido en sales solubles de las muestras estudiadas varía del 2 al 12 % de su peso, y la variación en el contenido de carbonatos (referido a la muestra sin sales), no sobrepasa el 6 % y no es proporcional a la variación del contenido en sales solubles.

Los resultados cuantitativos espectrográficos correspondientes a tres muestras distintas de dicha piedra, con alteración creciente del 1 al 3, calculados como "porcentaje en óxido" son los siguientes:

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
DETERMINADO	CONC. %	CONC. %	CONC. %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8	8	8
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,006	0,01
BaO	0,03	0,03	0,04
CaO	5	6	7
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004	0,005	0,004
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	5	3
Ga O <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	0,003	0,002	0,003
K <sub>2</sub> O	2	2	3
Li <sub>2</sub> O	0,03	0,03	0,05
MgO	2	2	2
MnO	0,1	0,1	0,1
Na <sub>2</sub> O	0,4	1	1,5
NiO	0,001	0,001	0,001
PbO	0,01	0,02	0,005
SiO <sub>2</sub>	"4	"4	"4
SrO	<0,1	<0,1	<0,1
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,02	0,02
CuO	<0,004	<0,004	<0,004
TiO <sub>2</sub>	0,3	0,3	0,2

El enriquecimiento de la superficie alterada, principalmente en Calcio y en Sodio es normal dado que en su forma de Sulfatos, Cloruros y Nitratos se les considera entre los agentes que mayor participación tienen en los procesos de alteración.

Los contenidos en Potasio y en Litio parecen también acusar una ligera tendencia a acumularse en la superficie, lo que no parece extraño, dada la gran movilidad de sus compuestos.

La intervención del Magnesio se considera generalmente en las areniscas como pequeña por no tener gran preferencia de acumulación en zonas concretas y los datos analíticos no corroboran esta opinión.

Una interpretación lógica a la constancia del Manganeso, que la espectrofotometría infrarroja nos revela como constituyente de los productos de alteración al estado de Sulfato, y a la disminución del contenido en Hierro, nos escapa por el momento: sólo indicaremos que tanto el Manganeso como el Hierro son esenciales desde el punto de vista de las condiciones nutritivas necesarias para el cultivo de Sulfobacterias, bacterias aerobias autótrofas, cuya importancia en este proceso de alteración veremos más tarde.

Los demás cationes no parecen haber sufrido modificaciones anormales.

## VI MECANISMO DE LA ALTERACIÓN

Es tradicional distinguir los mecanismos físicos (temperatura, hidratación, hielo, cristalización de sales), los mecanismos químicos (disolución, óxido-reducción, hidrólisis) y los mecanismos biológicos (bioquímicos, biofísicos). La distinción en la práctica es difícil, pues los diferentes factores de alteración trabajan juntos, sumándose sus efectos.

a) El hielo se considera el principal factor de alteración en una región fría y montañosa. La experiencia enseña que el agua al congelarse experimenta un aumento de volumen de un 8

% y puede causar la ruptura de los materiales porosos que impregna. El valor calculado del coeficiente de saturación ( $C_s = 87\%$ ) nos indica que la piedra en estudio debemos clasificada como atacable por el hielo, desde el punto de vista relación de porosidades. Pero dado el alto contenido en sales solubles (el punto de eutexia de una solución saturada de  $C_1N$  a está a  $-22^\circ C$ ) y la situación resguardada del Monumento (cobijado por el pórtico) sería necesario un enorme descenso de la temperatura para que este factor fuera importante.

b) Variaciones de temperatura. Dado que el Sol da directamente contra la Portada (que está orientada al Sur-Oeste, ver fig. 3), puede haber variaciones considerables entre el día y la noche, entre la faz expuesta al Sol y el reverso en contacto con un muro frío. La débil conductibilidad térmica de las rocas puede hacer que nazcan tensiones entre el corazón y el exterior de los bloques y provocar la ruptura de fragmentos. Es más difícil apreciar si esas variaciones de temperatura pueden intervenir en la desagregación granular de las rocas, pero en primera aproximación parece que su importancia es débil. Pero la importancia capital de la temperatura es indirecta, pues regula la humedad en los poros de la roca, la solubilidad de los gases y de las sales disueltas, la velocidad de las reacciones químicas y, particularmente, la hidrólisis, que se duplica aproximadamente para una elevación del  $10^\circ C$ . (las variaciones de temperatura del agua en el interior de los poros de una roca pueden provocar una cierta desagregación, pues el coeficiente de dilatación del agua es muy superior al de las rocas. Igualmente, las variaciones de humedad reguladas por las variaciones de temperatura pueden desunir los cristales al transformarse una película de agua intergranular en gotitas, lo que modifica la presión capilar, que es inversamente proporcional al radio de curvatura (la presión capilar de una gotita de agua de  $0,001\text{ mm}$  de radio es de  $1,5\text{ atmósferas}$ ).

c) La presencia en la roca de gran cantidad de sales solubles nos inducen a pensar que:

La hidratación de cristales anhidros puede provocar daños importantes por la elevada presión que desarrolla este fenómeno. El caso más típico es el del sulfato de calcio anhidro, que puede transformarse en yeso tomando dos moléculas de agua y desarrollando una presión de hidratación de aproximadamente  $1.100\text{ atmósferas}$ .

La cristalización de sales se hace a partir de la solución saturada, sea por evaporación del disolvente, sea por una variación de la temperatura que disminuya la solubilidad; la sal se deposita en las cavidades internas y puede desarrollar tensiones suficientes como para provocar la desagregación de la roca.

d) Oxidación-reducción. El hierro, que encontramos en la roca en su forma reducida de  $Fe_2^+$ , toma fácilmente su forma oxidada  $Fe_3^+$ , en la hidrosfera oxigenada y el equilibrio de la red cristalina se rompe. La experiencia enseña que el hierro oxidado  $Fe_3^+$ , puede quedar como tal al estado de óxido o hidróxido, formar un complejo, reducirse o lixivarse según las condiciones del medio en que se encuentre, lo que indudablemente le hará seguir caminos muy diferentes.

e) Hidrólisis o descomposición por el agua, es el mecanismo químico fundamental de alteración de las rocas. Prácticamente es el proceso de formación de un ácido o de una base por reacción entre dos medios, agua y cristal. La intensidad de la alteración dependerá en su mayor parte de la renovación del agua, de la temperatura (por el aumento que experimente la constante  $K$  del agua al aumentar ésta), y será también mayor cuanto más débiles sean los ácidos y las bases que originaron la sal hidrolizable.

f) Acción biológica. La estructura física de la Portada de Ripoll depende esencialmente de las rocas que son su origen, de las condiciones climáticas que condicionan las reaccio-



Fig.14 y 15. Detalles de la acequia subterránez que pasa a unos diez metros de la portada; sus paredes están en muy mal estado de conservación y, durante casi todo el año, sobre las losas del patio hay gran cantidad del agua que rebosa. Negativos: Archivos del I.C..C.R. Madrid.

nes químicas, de la levigación ascendente o descendente que desplaza los productos solubles; pero los seres vivos introducen en estos procesos una perturbación extremadamente importante.

La solubilización de partículas insolubles en la naturaleza se atribuye a las secreciones de ácidos: según Waksman <sup>21</sup>, un gramo de células bacterianas segrega de 0,13 mg. a 0,18 mg. de gas carbónico cada 24 h., habiéndose atribuido la solubilización de las rocas. Según Pochon <sup>23</sup>, los organismos pertenecientes al género *Thiobacillus* pueden actuar sobre los compuestos del Azufre, oxidándolos hasta el estado de sulfatos. Esta oxidación puede hacerse también sin bacterias, pero se ha demostrado que es más importante en los medios no estériles que en los estériles. También los microbios pertenecientes al género *Nitrobacter*, son los principales responsables de la oxidación rápida de los iones nitroso ( $\text{NO}_2^-$ ) a nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ), si bien, en los países tropicales parece estar probado que la oxidación del Nitrógeno se realiza por vía físicoquímica bajo la influencia de los rayos ultravioleta.

Profundizar en el secreto de los procedimientos empleados por los organismos para transformar las rocas y combatir sus acciones nefastas, es algo muy necesario.

En el caso que nos ocupa, el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Fermentaciones Industriales del Patronato de Investigación Científica y Técnica Juan de la Cierva (C. S. I. C.) inició hace algún tiempo el estudio del aislamiento y caracterización de microorganismos en las piedras atacadas por el llamado "mal de la piedra", habiendo aislado y caracterizado en la Portada de Ripoll, una especie de *Thiobacteria* (*Thiobacillus Novellus*). Teniéndose perfectamente a punto las técnicas de aislamiento, caracterización y enriquecimiento de cultivos, etapas todas fundamentales, se ha iniciado un estudio sistemático que ponga de manifiesto el importante papel que pueden desempeñar en este tipo de procesos, la acción biocatalítica de microorganismos que oxiden de manera rápida el Hierro a la forma férrica ( $\text{Fe}^3$ ) (por ejemplo el *Ferrobacillus Ferroxidans*) junto con los que oxidan los compuestos de Azufre a sulfatos.

Desde nuestro punto de vista particular, es necesario que tratemos de conocer y comprender todas las modalidades de las interacciones de los organismos y las modificaciones que producen en las rocas, de forma que podamos intervenir, cuando sea posible, en la dirección más favorable.

Actualmente en la Portada, el factor de alteración bacteriano podemos decir que está superado por el tratamiento de consolidación realizado, empleándose como disolventes orgánicos el Xileno y el Tolueno. g) La atmósfera contaminada. Los gases industriales, muy ricos en Anhídrido Sulfuroso, se disuelven fácilmente en el agua (nieblas, lluvias, nieves) para formar Ácido Sulfuroso, que puede transformarse en Ácido Sulfúrico, atacando en ambas formas el cemento calcáreo de la arenisca. Por otra parte, la elevación del contenido en Anhídrido Carbónico aumenta ligeramente el poder disolvente del agua de lluvia. Ambos procesos podrían verse favorecidos por el hecho de que la portada estaba totalmente cubierta por una gruesa capa de mugre, materias sólidas y esponjosas en su mayor parte constituidas por fibras identificadas como de Algodón y procedentes sin duda de la fábrica contigua, que al depositarse formando una capa porosa, retienen y condensan los gases y la humedad del aire, favoreciendo el proceso de alteración.

En el caso presente, los datos analíticos nos revelan que la disminución del cemento calcáreo de la Arenisca no es apreciable.

h) Invasión salina por capilaridad. Sucede frecuentemente que las piedras se ven contaminadas por sales solubles procedentes del exterior, que al cristalizar en las superficies de evaporación provocan uno de los mecanismos de alteración más activo. La piedra de la Portada, como ya hemos visto, está impregnada de sales muy solubles; ¿de donde proceden?

-Por tratarse de una región montañosa separada del mar por más de 100 Km. de

carretera la influencia del aire marino, muy rico en sales, debemos considerarla de muy poca actividad.

-La disolución y absorción por la piedra de un posible "mortero" para unión de los bloques que integran la portada, ofrece la dificultad de que no se ha podido encontrar ningún vestigio de ese mortero que por otra parte bien pudiera no haber sido empleado.

-La contaminación por sales solubles que procedan del suelo no parecía ofrecer gran peligro dada la constitución de ese suelo bien lavado de los bajos Pirineos. Pero existe el hecho de que a unos 10 metros de la Portada pasa una acequia subterránea de gran caudal, cuyas paredes se encuentran muy deterioradas, y que tomando sus aguas del río Freser alimenta las turbinas de diversas fábricas de Ripoll (figs.14 y 15). La toma de una muestra representativa del agua del canal presentaba ciertos problemas dado que si pensamos que el motivo más importante de impurificación son los residuos de las fábricas (2 grandes de pasta de papel, 5 de textiles, 1 de Carburo de Calcio, 2 grandes de metalurgia y 1 de cemento hasta hace poco en funcionamiento), su incorporación al agua del río no se hace uniformemente; según los lugareños, "el agua del canal viene a veces limpia". Con el asesoramiento de dos ripollenses se tomaron varias muestras que suministraron los datos siguientes:

Por desecación y pesada el agua del canal contiene 0,4 gr litro de sales blancas compuestas principalmente de Cloruros (Cl<sup>-</sup>), Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>), Sodio (Na) y Calcio (Ca). Ante la similitud de composición de estas sales y las de la Portada, procedimos a extraer unas muestras de tierra en diferentes puntos de la zona situada entre el canal y la Portada, y en todos los casos:

La humedad, determinada por evaporación y pesada, representa el 15 % de la muestra, y el análisis químico del extracto acuoso nos revela la presencia de cloruros, Nitritos, Sulfatos, Sodio y Calcio.

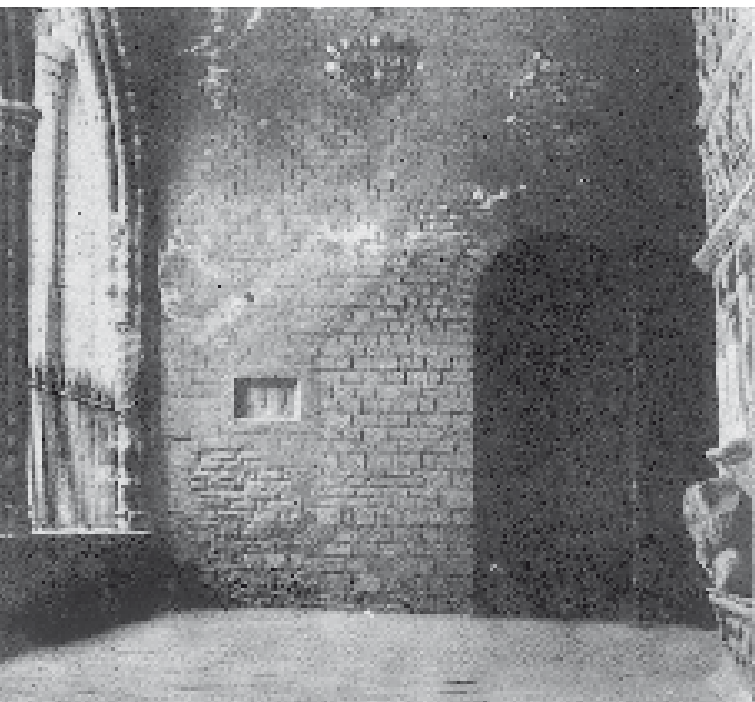


Fig.16. Vista frontal del muro derecho del pórtico. Noviembre de 1964. Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid. Las eflorescencias blancas que aparcan en casi todas las paredes del monasterio, tanto exteriores como interiores, son de composición idéntica a las de la Portada. Las fotografías procedentes de Archivos y Reproducciones Mas (Barcelona) correspondiente a los años 1919. (negativo: 376) y 1933 (negativo: Gudiol-A-482 bis), ponen de manifiesto el mismo fenómeno.

Es necesario anotar que no sólo la Portada, sino el Monasterio entero está invadido por sales de idéntica composición y que afloran a la superficie produciendo graves desperfectos (fig. 16).

El ciclo de migración salina se ve favorecido en la Portada por la existencia de 74 agujeros que para ventilación se practicaron en el techo de madera del pórtico y que al facilitar la circulación del aire aceleran la extracción de sales por la superficie esculpida, única superficie de evaporación existente (ver fig. 4).

i) Vulnerabilidad de la roca. Es evidente que una roca será tanto más alterable cuanto más rica sea en elementos vulnerables a las condiciones a que esté expuesta. La mala calidad de la arenisca como piedra de escultura

es un hecho. Desde el punto de vista “estructura” la piedra es rica en minerales foliáceos cuya estructura en hojas les hace susceptibles de hidratarse; su presencia supone otro tanto de vías de penetración de agua y aumentan la alterabilidad. También se puede ver que la adherencia del cemento calcáreo sobre los granos de cuarzo y de mica es muy mala, lo que facilita la penetración del agua. Si bien a igualdad de condiciones una roca bien cristalizada se altera más rápidamente que su homóloga microcristalina, la cohesión es tanto mejor cuanto mejor cristalizado está el cemento. Las cataclasas, diaclasas y planos de esquistosidad son otras tantas vías de penetración de agua.

No solamente la porosidad sino también la forma y dimensiones de los huecos tienen su importancia en la alteración. En los fenómenos de hidrólisis, como en el caso del hielo, la estructura de los poros regula la capacidad de retención de agua y la rapidez de absorción y desecación inhibiendo o acelerando el mecanismo.

### Conclusión

De lo expuesto se deduce que el principal responsable de la alteración de la Portada, es el “agua cargada de sales” (procedente del canal) que la piedra tiende a absorber por su porosidad y forma agrietada y que al desplazarse hacia las superficies de evaporación, arrastrando los elementos móviles que contiene, los deposita actualmente en la superficie esculpida.

En segundo lugar y principalmente por su acción aceleradora de este fenómeno de migración salina, debemos considerar las variaciones de temperatura que produce en la Portada la acción directa del Sol.

La capa porosa de “mugre” que recubre la portada, junto con la gran cantidad de sales allí depositadas, constituyen otro grave peligro; primero, porque ante una elevación de la humedad relativa dicha capa poro-



Fig.17. Detalle de la portada (sit. 15) Noviembre de 1964 (antes de la consolidación). Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid. El análisis químico de esta muestra superficial revela la presencia de un 33.7 por 100 de sales blancas compuestas esencialmente por Cloruros, Sulfatos y Nitratos alcalinos y alcalinotérreos.

“Sucede frecuentemente que las piedras se ven contaminadas por sales solubles que proceden del suelo, como los Nitratos, los Sulfatos y los Cloruros alcalinos y alcalinotérreos y que vienen a cristalizar en la superficie de dichas piedras, desarrollando en el curso del crecimiento de sus cristales, fuerzas suficientes como para romper la cohesión de aquellas y disgregarlas.

Sneyers R.V. “También muere la piedra”. en el Correo de la Unesco, enero 1965, pag. 30

sa facilitará la condensación del vapor de agua atmosférico (pensemos en la escarcha) y segundo, porque dicha humedad actuará directamente sobre sales muy solubles produciéndose un proceso de absorción-extracción (cuando el Sol de directamente en la piedra horas después) que al afectar solo sea en pocos centímetros de profundidad, produce indudablemente un efecto devastador y precisamente en esos pocos centímetros que nos son mas preciosos.

En la actualidad, el factor de degradación más importante es el “hombre” que con su



Fig. 18 Detalle de la portada (Fig. 5. Sit. 34). Noviembre de 1964 (antes de la consolidación y limpieza). Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid. La condición de “Respeto a la apariencia del ojeito” debe precisarse con el concepto de Patina, que es una alteración de la superficie del material, caracterizada por una penetración a veces profunda, y que no se puede eliminar sin herir, sea levemente, la materia original. No debe confundirse con la suciedad que, generalmente, forma un depósito de “mugre” y que puede ser eliminada en el tratamiento.

continuo tocar con la mano a esa piedra que está deshecha, origina daños irreparables.

## VII LA CONSERVACIÓN DE LA PORTADA DE RIPOLL

### Consideraciones Generales

Ante el hecho ineludible de la degradación de la piedra que constituye el Patrimonio Arquitectónico expuesto a la intemperie y habida cuenta de que, en la actualidad, los medios de protección de esos tesoros son muy limitados, para salvados de la destruc-

ción no existe por el momento más fórmula segura que el quitados de su emplazamiento original y trasladados a un ambiente de condiciones favorables para su conservación, pues, exceptuando algunos minerales como la marcasita y el rejalgá, la piedra que es un material estabilizado por un envejecimiento milenario, plantea en general pocos problemas de conservación en los museos. Pero cuando ese mismo material ha sido alterado por los agentes atmosféricos, por los organismos vivos y por las materias que migran en el suelo, su conservación exige un tratamiento muy especial. Desde hace casi un siglo, los técnicos se preocupan de tratar los materiales pétreos sometidos a la acción de la intemperie para ralentizar el mecanismo de deterioración; este tratamiento debe satisfacer las condiciones siguientes:

- Parar el desarrollo de la alteración.
- El efecto protector debe ser duradero.
- Mantenimiento absoluto de la apariencia del monumento (fig. 18).
- Tratamiento tan simple y poco costoso como sea posible. La condición de reversibilidad del tratamiento, que es categórica en muchos sectores de la conservación de los bienes culturales, sufre ciertas excepciones para las piedras, especialmente en lo que se refiere al pegado de fragmentos pesados en donde a veces nos vemos obligados a utilizar adhesivos insolubles.

Medidas a tomar para la conservación de la Portada de Ripoll

1.º) Consolidar la piedra para poder realizar los demás trabajos sin que la Portada sufra nuevos daños, y para evitar los continuos desperfectos causados por los visitantes que la tocan con las manos.

El tratamiento de consolidación de la piedra implica una limpieza previa que la libere de materias extrañas, lo que exige una fijación de la superficie pulverulenta a fin de poder controlar con toda precisión el proceso.

2.º) Aislar la Portada de todos aquellos elementos capaces de comunicarle la humedad del suelo y las sales que éste ya contiene, a saber, el suelo y el muro del templo sobre el que reposa la Portada.

3.º) Canalizar perfectamente la acequia subterránea que pasa a 10 m. de la Portada, con el fin de asegurarnos que esa fuente de humedad y sales está anulada.

4.º) Minimizar la acción directa del Sol sobre la Portada, procurando no afectar al equilibrio estético del monumento.

### Consolidación

Se ha intentado para la protección de las superficies, la aplicación de una capa adhesiva a base de aceite de lino cocido, de resinas, de lechada de cal, de silicatos de sodio o de potasio, de fluosilicatos y de fluoruros, de siliconas, de tetrafluoruro de silicio, etc... La consolidación de superficies se intentó por impregnación con soluciones de la mayor parte de los productos ya citados y también de ceras, parafina, agua de cal a veces alternada con caseína, de resinas vinílicas, de resinas acrílicas, de jabones metálicos como los estearatos de aluminio o de zinc, de poliester, de epoxi, de silicato de etilo y de sílice coloidal, de silicatos alcalinos, etc...

Aplicados en exteriores, estos productos desilusionan muchas veces, pues sus efectos no son generalmente muy duraderos.

Es mejor, por tanto, planear su empleo bajo un programa de atención y cuidados periódicos, que implica una atenta vigilancia.

La eficacia del tratamiento de consolidación está ligada directamente al grado de penetración del agente consolidante; los depósitos puramente superficiales acaban por producir graves desperfectos, descarnando el material que debieran proteger. La eficacia de los tratamientos con ceras es función de la cantidad de materia absorbida (bloqueo); estos tratamientos están considerados como los más duraderos, pero su empleo en las



pedras está muy limitado por modificar muy desagradablemente su aspecto y por ser generalmente necesario el tratamiento por inmersión, si bien estos factores se pueden cambiar con el empleo de lámparas de infrarrojos y ceras microcristalinas como los Cosmolloids de Astor, Boissellier et Laurence Ltd., 9, Savoy Street, Londres, W/ C.Z. (11).

Los tratamientos con resinas solo necesitan, por el contrario, el mínimo de resina necesaria para asegurar la unión entre los granos disociados o en vía de disociación. Cuando la piedra que hay que consolidar es porosa, se efectúa una primera aplicación de disolución muy diluida (2,5 %) y cuando ésta ha sido absorbida por la piedra, se aplica una, dos o tres veces, según la permeabilidad de la roca, una disolución más concentrada. Un grave problema que puede plantearse en tratamientos de esta índole, es, durante el secado, la migración de resina hacia las superficies de evaporación, arrastrada por el disolvente; esto puede minimizarse si no evitarse, relentizando la velocidad de evaporación del disolvente, creando una atmósfera saturada de su vapor.

Como en otras técnicas de conservación, se utilizan muchas veces las soluciones de acetato de polivinilo en una mezcla de tolueno (9 partes) acetona (1 parte) y alcohol (1 parte); las resinas acrílicas como el polimetil-metacrilato disueltas en xileno o en tolueno y alcohol (8: 2), se emplean también con excelentes resultados dada su magnífica resistencia al envejecimiento; citemos entre los productos comerciales más importantes el "Bedacril 122-X", fabricado por I. C. I. <sup>11</sup> y que es una disolución al 40% en xileno de un éster poli-metacrílico incoloro con un valor ácido de 6,2 a 8,8 mg. KOH gr. de resina.

Las emulsiones de resinas no tienen generalmente un poder de penetración suficiente como para ser empleadas en la consolidación de piedras, pero mezclándoles aditivos humectantes se pueden conseguir resultados algo mejores.



Fig. 19. Ensayo de penetrabilidad en una muestra de piedra procedente del Monasterio de Ripoll. Con disolución de poliacetato de vinilo al 2.5 por 100 en acetona-tolueno (1:4), coloreada con azul nitrosólido (de Sandoz), la penetración conseguida aplicando el producto con un pincel, sobrepasa los 2 centímetros.

#### Ensayos de consolidación con resinas sintéticas

De los ensayos exploratorios realizados para consolidar unas muestras de piedra (areniscas) procedentes del Monasterio de Santa María de Ripoll, en el Departamento de Plásticos del Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" (c. S. I. c.) en colaboración con D. Santiago González-Babé azores y siguiendo las directrices dadas por el Excmo. Sr. D. Juan de la Ynfiesta, Director de dicho Departamento, se han ensayado resinas de poliéster, poliamida, poliacetato de vinilo en suspensión acuosa, poliacetato de vinilo homopolímero en disolventes orgánicos, acrílicos y acetato de celulosa. Los resultados obtenidos en cada caso nos condujeron a concluir que: "son muy esperanzadores los resultados obtenidos con el poliacetato de vinilo homopolímero, disuelto a la concentración del 2,5 % en una mezcla de acetona-tolueno (1 : 4). La penetrabilidad es excelente (más de 2 cms.). (Fig. 19), la dureza buena y el aspecto aceptable; la película formada, ter-

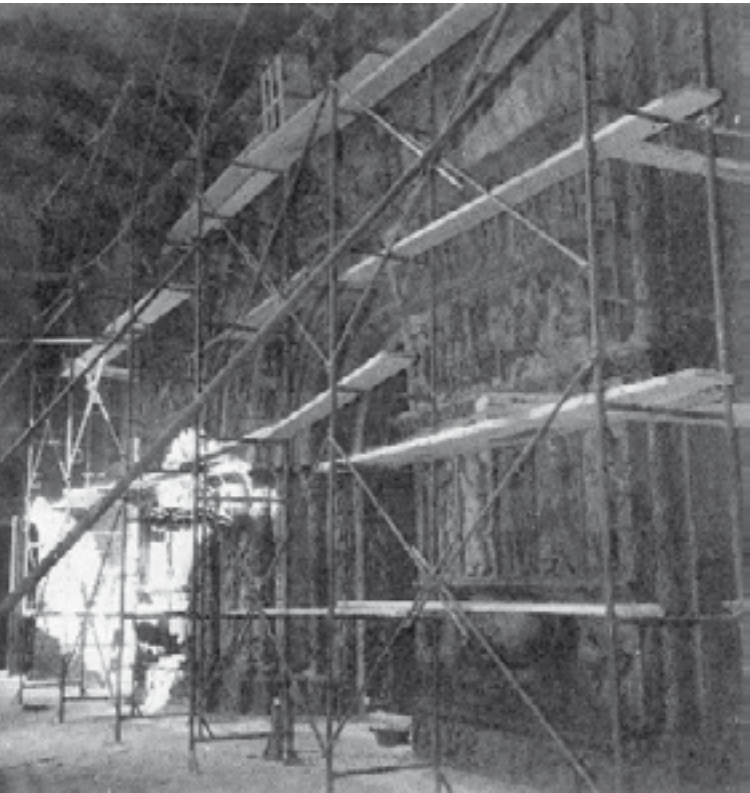


Fig. 20. Vista lateral de la Portada. Noviembre de 1964 (durante los trabajos de consolidación). Negativo: Archivos del I.C.C.R. de Madrid. Aspecto general del andamiaje metálico. Se consiguió una estabilidad perfecta mediante tres barras inclinadas sujetas al suelo.

moplástica, flexible, incolora y transparente, es atóxica y de alto poder adhesivo. Su estabilidad frente al calor y la luz es excelente pues no amarillea cuando se calienta por debajo de  $120^{\circ}\text{C}$ ; índice de acidez prácticamente neutro; se disuelve fácilmente en una amplia gama de disolventes de fácil adquisición, tales como, cetonas, ésteres, algunos hidrocarburos aromáticos y clorados y en alcoholes de bajo punto de ebullición; a la acción del agua es impermeable y sólo se aprecia, en contacto prolongado, un ligero hinchamiento que desaparece cuando se seca. El disolvente acetona-tolueno nos asegura la eliminación del peligro que representa el *Thiobacillus Novellus*, posible causa de la alteración de la piedra. Su fácil manejo es bien conoci-

do por los restauradores del I. C. C. R. lo que facilitará ampliamente su aplicación. Se expende en España bajo el nombre comercial de Mowilith-50 por la firma Hoechst Ibérica, S. A., Delegación en Madrid, Carrera de San Jerónimo n.º 35, en forma de perlas transparentes y finas de densidad 1,17 con contenido sólido del 99 % ; el producto tiene un grado de polimerización de aproximadamente 850, un peso molecular de 260.000 y la viscosidad de su solución al 20 % en acetato de etilo ( $20^{\circ}\text{C}$ ) no sobrepasa los 120 cps.; la aplicación mediante un pulverizador de baja presión dará buenos resultados; se aplicará después de un período seco para que la piedra esté lo más deshidratada posible; se hará un ensayo preliminar en un área reducida de la Portada para ver su comportamiento en la práctica.

#### Fijación, Limpieza y Consolidación

Informe de los trabajos realizados en la Portada del Monasterio de Santa María de Ripoll<sup>26</sup>

Los trabajos han durado desde el 6 al 25 de noviembre de 1964.

Después de los ensayos realizados en los laboratorios del Departamento de Plásticos (C. S. I. C.), siguiendo las directrices dadas por el Excmo. Sr. D. Juan de la Ynfesta, se llegó a la conclusión de consolidar la Portada de Ripoll con poliacetato de vinilo disuelto en tolueno.

Una vez en Ripoll, la primera tarea consistió en montar un sólido andamiaje metálico, totalmente independiente del monumento, que nos permitiera amplia libertad de movimientos (fig. 20).

Las primeras pruebas de fijación realizadas con la disolución de poliacetato de vinilo en el ángulo superior izquierdo de la Portada, no fueron satisfactorias, porque la resina posee un elevado índice de contracción, que al actuar sobre las escamas que cubren la piedra, las hace adoptar forma convexa y ocultan y deforman los relieves aun existentes.

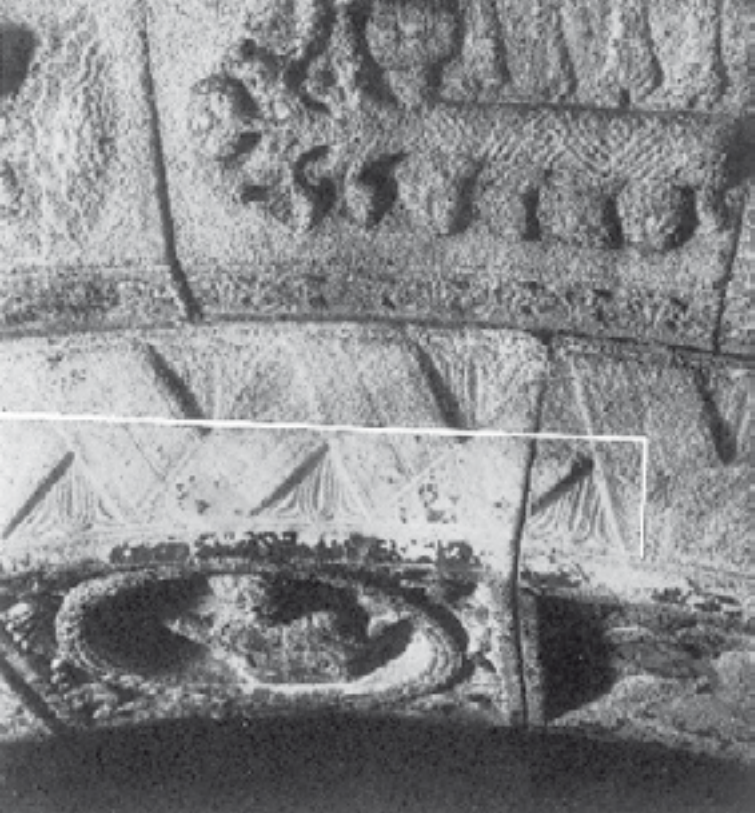


Fig. 21. Detalle de la Portada durante la limpieza posterior a la fijación (Fig. 5. Sit. VIII). Noviembre de 1964. Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid. Una vez consolidada la piedra la primera medida de conservación consiste en desempearla periódicamente mediante un cepillo de pelos largos y suaves; la operación debe realizarse de arriba hacia abajo e inclinando el cepillo de forma que no arranque fragmentos ni de la piedra ni de su policromía. El empleo de trapos, gamuzas, etc, es muy desaconsejable, pues incrustan el polvo en los poros del material.

En Barcelona, distribuido por Azamon, S. A., Córcega n.º 343, encontré el producto denominado Bedacril-122-X, que es un ester polimetacrílico de bajo peso molecular, disuelto en xileno al 40 %, y cuyas características y buenos resultados en tratamientos similares, conozco de Bélgica.

Este producto diluido con tolueno hasta la concentración de 2,5% de resina pura, se aplicó cuatro veces seguidas, con lo que la piedra, que estaba deshecha en una profundidad de varios centímetros recobró parte de su dureza primitiva, y una limpieza superficial con un pincel suave, ha hecho resurgir muchísimos detalles y relieves que estaban perdidos, habiéndose eliminado las eflorescencias salinas y la mugre que cubrían al monumento. (Fig. 21.)



Fig. 22. Detalle de los trabajos de consolidación de la portada. Noviembre de 1964. Negativo: Archivos del I.C.C.R. Madrid. Excelente homogeneidad y suavidad en la aplicación del producto consolidante se obtuvo con un pulverizador de baja presión (de los empleados en agricultura para sulfatar los árboles). El empleo de caretas antigás era imprescindible, dada la toxicidad crónica del disolvente empleado.

Desgraciadamente quedan zonas en las que casi todo estaba perdido por el continuo tocar con la mano de los visitantes del Monasterio. Una vez realizada la limpieza, se continuó aplicando disolución de metacrilato, hasta obtener una mayor consistencia de la piedra, lo que se consiguió al onceavo tratamiento. Para esparcir el líquido se ha empleado una máquina de las que se emplean en agricultura para sulfatar los árboles, y una pistola provista de compresor eléctrico para los últimos detalles. (Fig. 22).

El color de la Portada ha permanecido inmutable.

Al empezar el tratamiento de fijación de la superficie, se tomó la precaución de aislar al monumento del exterior, colgando de los arcos del pórtico grandes lonas impermeables, de



Fig. 23, 24 y 25. Detalles de la Portada antes y después de la consolidación y limpieza (ver fig. 5 sit.). Negativos: Archivos I.C.C.R. Madrid. La parte izquierda de la cabeza está deshecha, por la alteración de la estructura de hierro que lleva en su interior (Fig. 23). Se puede también apreciar la capa de yeso que cubría los pies y la base del trono de Omnipotente. al surgir bajo el yeso la policromía intacta, se tomaron de allí muestras para su estudio.

las que se emplean en los camiones de transporte, a las que fijamos carteles muy llamativos que advirtieran a los posibles observadores de la toxicidad crónica de los productos empleados y del riesgo de incendio a que estábamos expuestos. Estas lonas permanecieron colgadas, luego del tratamiento, ajustándolas a las columnas y paredes aun mejor, a fin de crear una atmósfera saturada de vapor del disolvente, que relentizara el proceso de desecación de la piedra impregnada.

Las pruebas de impregnación con cera, más visibles, que hay en la Portada, se las

ha sometido a la acción de rayos infrarrojos, con lo que la piedra ha absorbido toda ella, quedándole un aspecto francamente bueno; también se ha patinado una de las pruebas de consolidación con lechada de cal. De todas las pruebas existentes sobre la Portada, se ha conservado una muestra que nos revelará su comportamiento a más larga escala. Con objeto de obtener la mayor experiencia posible, se han hecho diferentes tratamientos, todos con el mismo producto:

En la Portada.

- Cuatro tratamientos de fijación con disolución de M.M. al 2,5 % en tolueno.
- Limpieza superficial.
- Siete tratamientos de consolidación con disolución de M. M. de concentración que varía del 2,5 al 5 % en tolueno (lámina figs. 23, 24 y 25).

Arcos del pórtico. - Capiteles de las tres columnas, cabeza de perro y cabeza de rey.

- Tres tratamientos de fijación con M. M. al 2,5 % en tolueno.
- Limpieza superficial.
- Claustro. - Claves.
- Dos tratamientos de fijación.

## FOTOGRAFÍA

Antes del tratamiento, se han obtenido pruebas fotográficas del total, por zonas y en detalle, de toda la Portada, como testigo fiel del estado en que se encontraba. Durante el proceso de limpieza se tomaron también algunas y corresponde a este período, el documental que hizo NO-DO. Después del tratamiento, una colección completa por grupos escultóricos de forma que se puedan montar obteniéndose toda la Portada. Se ha comprado una colección de tarjetas postales de 1932 que reproducen la Portada ya los Archivos y Reproducciones MAS de Barcelona, copias de los negativos que poseen correspondientes a los años 1907, 1908, 1916, 1917, 1927, 1929, 1931, 1933, 1936, 1942, 1950, 1952, 1953, 1954, 1957 Y 1963, que ayudarán a estudiar la evolución de la enfermedad. El Director del Museo Arqueológico de Gerona, Sr. Oliva, mandará copia de las fotografías antiguas que allí guardan; del Museo de Ripoll, también ofrecen enviarnos copia de la documentación fotográfica que guardan, muy interesante por su antigüedad y detalle. Se ha hecho esta recopilación, que con seguridad podrá ser ampliada, con objeto de reunir en el I. C. C. R. Madrid, documentación de la existente sobre la Portada de Ripoll y que por el momento se encuentra repartida en diferentes archivos.

## Ensayo de reproducción.

Se ha ensayado un caucho de silicona facilitado por Siliconas Hispania, S. A. Los resultados obtenidos son óptimos pero el precio resulta muy elevado; existen otros productos similares que será necesario ensayar, tales como el que fabrica Bayer, o hacer una

importación directa del ya experimentado a fin de establecer un equilibrio calidad-precio.

Son 32 las muestras que se han tomado de la Portada para proceder a su análisis, y que representan fielmente los materiales utilizados, los diversos estados de alteración y los tratamientos de consolidación hechos anteriormente con cera, cal y plásticos, a fin de estudiar la enfermedad y su reacción frente a los referidos tratamientos. El aspecto que ofrecen estas pruebas de consolidación es peor de lo que debiera, por tratarse de manchas aisladas sobre la Portada; un análisis visual objetivo revela:

- Si bien el aspecto de la cera es brillante, oscuro y de poca penetración, la dureza que da la piedra es elevada y las pruebas realizadas no han sufrido modificación apreciable en este período de casi 4 años. Creo que perfeccionando este método con el empleo de rayos infrarrojos, disolventes adecuados y productos incoloros, se podrán conseguir muy buenos resultados.

- La cal no satisface ni estéticamente ni por sus resultados en cuanto a dureza de la piedra se refiere; el proceso de recalcificación por este método parece ser más lento que la velocidad de alteración.

- Existen tres pruebas de consolidación realizadas por el Sr. Cebrián aparentemente con el mismo tipo de plástico; el producto empleado parece ser poco estable y está haciéndose escamas en franco período de descomposición.

Lo anteriormente expuesto sólo podrá ser establecido con exactitud cuando se realicen en el laboratorio los estudios pertinentes sobre las muestras tomadas. Durante los trabajos se han presentado problemas que quizás tengan, más que nada, un valor anecdótico, pero que debo escribir, a fin de que mi experiencia personal pueda ser útil ante situaciones similares. Muchos detalles de los motivos nos hacían sospechar la realidad, confirmada por fotografías antiguas, pero



Fig. 26. Aislamiento de un muro de la humedad del suelo. Negativo: R. Sneyers, 22-58. I.R.P. A. Bruselas.

el pincel era insuficiente para hacer surgir los relieves; esto era debido a que insectos, avispas la mayor parte de las veces, habían encontrado un paraíso para hacer sus nidos de barro, que son de una dureza formidable. También se ha descubierto, en la cornisa superior, una gruesa capa de yeso que ocultaba en su mitad inferior, los pies y la base del trono del "Pantocrator", que han surgido con la policromía en muy buen estado de conservación, descubrimiento que nos permitirá profundizar en el estudio de la técnica y de los pigmentos empleados. Resulta también interesante el observar que los "personajes mirando al Omnipotente" tienen los ojos hechos con la cabeza de un clavo, cuando en todos los demás, es una talla muy delicada.

#### Aislamiento

Como ya se ha dicho repetidas veces, la Portada toma humedad y sales, tanto del



Fig. 27. Vista parcial de la Portada (San Pedro). Año 1908. Negativo: A. y R. Mas nº B-1309.

suelo como del muro del Templo. Para evitar estos contactos perjudiciales se pueden seguir dos caminos:

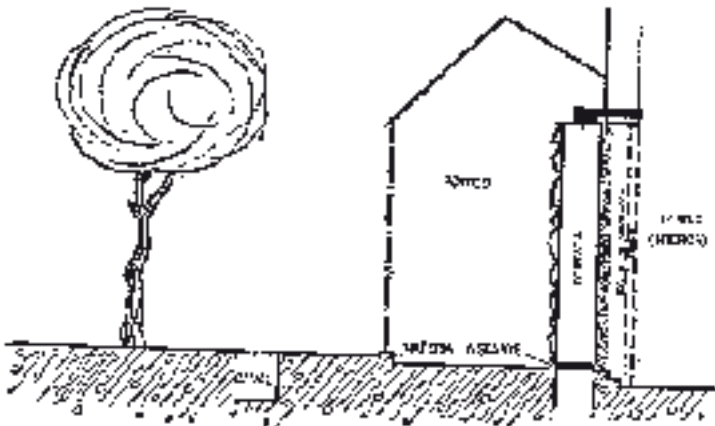
a) Desplazar la Portada, colocándola sobre un soporte impermeable.

b) Desplazar el muro del Templo y evitar que suba la humedad del suelo, intercalando en el cimiento de la Portada una capa impermeable. Dados los riesgos que supone el mover la Portada, nos inclinamos preferencialmente por el segundo método. Aislar la Portada de la humedad del suelo se consigue, "cortándola e introduciendo una capa de material aislante" (esquema), que según los distintos procedimientos existentes puede ser de plomo, cobre o polietileno; en principio proponemos el plomo, pues es el más conveniente en el caso presente; la realización práctica del proceso es fácil, pero para mayor seguridad, podría encargarse a una de las firmas especializadas en este tipo de tra-



Fig. 28 y 29. Vista parcial de la Portada (San Pedro). Noviembre 1964, antes y después de la consolidación. Negativos: Archivos I.C.C.R. Madrid.

bajos, tal como la Siphons "Lion". 45, Dreve du Moulin, Waterloo. Bélgica. (Fig. 26) o a los propios equipos del Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional. Eliminar el muro del Templo, sustituyéndolo por un sistema adecuado, es el objeto del estudio que está realizando D. Alejandro Ferrant, Arquitecto Conservador de Monumentos de la Zona de Levante, quien se está ocupando igualmente de proyectar una canalización perfectamente impermeable de la acequia, que tan graves consecuencias ha producido en todo el Monasterio de Santa María de Ripoll.



De un sistema como el propuesto en el esquema, que se da en la página siguiente, obtendríamos las ventajas siguientes: a) Forzar la circulación de aire por la parte posterior de la Portada, con lo que cualquier riesgo imprevisible de humedad, actuaría sobre la superficie de evaporación artificial creada por nosotros, con tierra de diatomeas por ejemplo, en esa superficie que ya nos sería asequible; en este caso, los 74 agujeros de ventilación existentes en el techo del pórtico, nos serían ya favorables, al polarizar; aún más, esta circulación de aire por el revés de la Portada.

b) Por esa superficie nueva que descubrimos, podríamos realizar, con las máximas garantías de éxito, una extracción de las sales solubles que contiene la piedra, y que de dejarlas, supondrían siempre un grave peligro potencial frente a cualquier filtración posible de humedad.

PLANTEAMIENTO EN ESQUEMA DE LOS TRABAJOS QUE PARA LA CONSERVACIÓN DE LA PORTADA SE HAN DE REALIZAR EN EL MONASTERIO DE SANTA MARÍA DE RIPOLL.



Fig. 30 y 31. Vista parcial del Arco de la puerta. Noviembre 1964, antes y después de la consolidación. Negativos: Archivos I.C.C.R. Madrid.



Fig. 32 y 33. Detalle de la Portada. (ver fog- 5 sot- 89). Noviembre 1964, antes y después de la consolidación y limpieza. Negativos: Archivos I.C.C.R. Madrid.



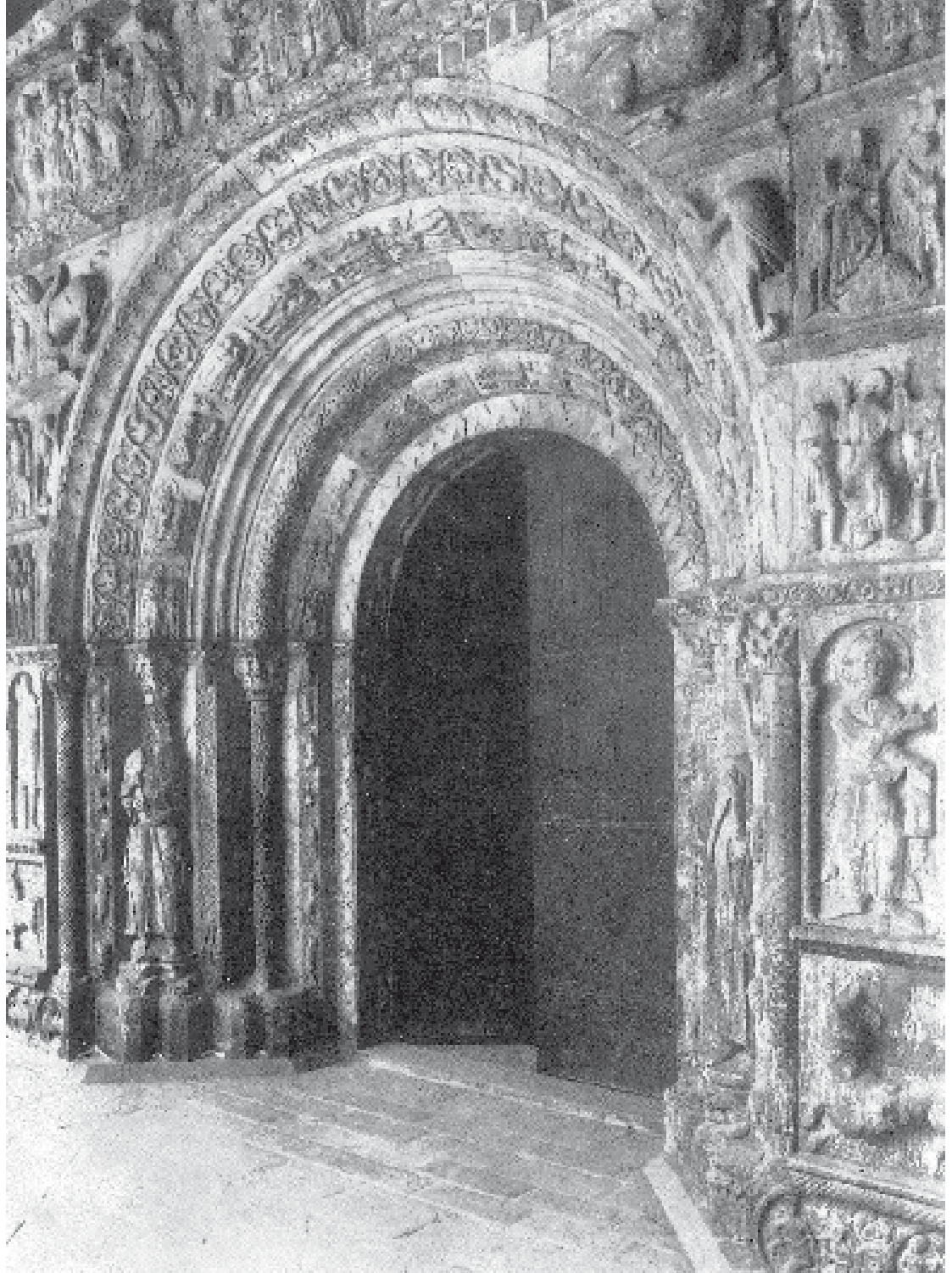


Fig. 34. Vista lateral del arco de la puerta. Noviembre 1964, después de la consolidación y limpieza. Negativos: Archivos I.C.C.R. Madrid.

## PROTECCIÓN CONTRA EL SOL

Eliminar este factor de alteración, sin dañar gravemente el aspecto estético, nos impide proponer el empleo de grandes lonas impermeables, e incluso sería arriesgada la instalación de vidrieras especiales, acopladas a los arcos del pórtico. Un método fácil,

estético, eficaz y duradero, consiste en plantar árboles altos, copudos y, a ser posible, de hoja perenne, a una distancia conveniente, que impedirían el paso directo de los rayos solares. Las condiciones requeridas al árbol en cuestión no se dan en la naturaleza; por tanto, es necesario construir esta barrera natural mediante la plantación de un árbol

de rápido crecimiento, que suministrará una protección a corto plazo, y junto con él, otro de más lento crecimiento pero de hoja perenne que asegurará la continuidad y mejor eficacia de esta protección.

Las especies seleccionadas, teniendo en cuenta las condiciones climáticas que nos fija la situación geográfica de Ripoll, son:

- Populus (Piramidalis o Alba), Eucalyptus.
- Pinus (Silvestris o Maritimus). ■

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 AUGUSTI, Selim: "Relación sobre la naturaleza, el estado y las condiciones del material de piedra que constituye la materia prima de la Portada y del Claustro de la Basílica del Monasterio de Santa María de Ripoll". Nápoles, 24 de febrero de 1962. Texto policopiado. (Archivos del I. C. C. R.), base de la publicación: "La Portada de Santa María de Ripoll", en Informes y Trabajos del Instituto Central de Conservación y Restauración. Madrid, núm. 1. 1964.
- 2 BERTAUX, Emile: "La sculpture chrétienne en Espagne des origines au XIVe siècle, en Histoire de l'Art /.../, publicada bajo la dirección de Michel, A. París. 1906. T.º 11, 1, pág. 259.
- 3 COREMANS, Paul: "L'Agneau Mystique au laboratoire /.../", en, 111. Contributions a l'étude des Primitifs Flamands. Anvers, 1953. Págs. 9.
4. COREMANS, Paul: "L'alteration et le traitement des calcaires égyptiens infestés de sels solubles", en, Chronique d'Égypte, V. 22, 1947, págs. 119-122.
- 5 COREMANS, Paul: "La Conservation des monuments historiques et ses perspectives d'avenir", en, Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique (K. 1. K.). T.o III, 1960, págs. 112-117.
- 6 DORIAN, Ch.: "Corrosión de la piedra. Cuál es la situación.-Cómo remediarla. Ensayos en curso de realización". Conferencia dada el 6 de junio de 1961, ante el Grupo de Corrosión de la Sociedad de Química Industrial. Texto policopiado. (Archivos del I. C. C. R.). Madrid.
- 7 ENLART, Camille: "L'architecture romane: Espagne et Portugal" en: Histoire de l'Art /.../ publicada bajo la dirección de Michel, A. París. 1905. T.o 1, 2. Pág. 562.
- 8 GARRIDO MÁRQUEZ, José M.ª: "Comisión especializada del Patronato 'Juan de la Cierva' para la conservación de la Portada y Claustro del Monasterio de Ripoll". Madrid 25-IX-1963. Texto policopiado. Archivos del I.C.C.R. Madrid.
- 9 GÓMEZ MORENO, M.: "El arte románico español", Madrid. 1934.
- 10 GUDIOL, José (mosén): "Iconografía de la portada de Ripoll". Barcelona. 1909.
- 11 International Center for the Study of the Preservation and the Restauration of Cultural Property, "Synthetic Materials used in the Conservation of cultural Property" Roma, 256 via Cavour 1963. 67 págs.
- 12 IÑIGO LEAL, Baldomero: "Informe sobre la infección bacteriana de la Portada del Monasterio de Santa María de Ripoll". Madrid, 22 de enero de 1964. Texto policopiado. Archivos del I. C. C. R. Madrid.
- 13 IÑIGUEZ HERRERO, Jaime: "Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción". Publicaciones del Ministerio de Educación Nacional, Dirección General de Bellas Artes. Madrid. 1961.
- 14 KINGSLEY PORTER, A.: "Spanish romanesque sculpture". Paris-Firenze. 1928. T.o 11, págs. 22-24.
- 15 KRATZ, Artur: "Bericht über eine Versuchsreihe zwecks Sanhrung porosen und mürber Stein am nordlichen Portal der Klosterkirche in Santa María di Ripoll, sowie die Darstellung einer eventuellen Restaurierung an Hand der Ergebnisse" 1965. Texto policopiado. Archivos del I. C. C. R. Madrid.
- 16 KRATZ, Artur: "Eine nene Methode der Steinrestaurierung". Museums Kunde, 1963, 1, págs. 32-39.
- 17 LA VEDAN, Pierre: "L'art roman" en Histoire de l'Art; Moyen age et temps modernes. 2.ª edición, París. 1950. T.o 11, 2. Pág. 121.
- 18 MOORHOUSE, W. W.: "The study of Rocks in thin section". Harperer Brothers. 1959. 514 págs.
- 19 NIETO GAILO, Gratiano: "L'Espagne et l'art roman" en Catalogne "L'Art Roman". Exposition organisée par le gouvernement espagnol sous les auspices du Conseil de l'Europe. Barcelona y Santiago de Compostela. 1961. P. LX-LXXI.
- 20 PELLICER, José M.ª "Santa María del Monasterio de Ripoll". Mataró. 1888.

21 PIFERRER, Pablo: y PI MARGALL, Francisco: "España.- Sus Monumentos Y Artes.-Su Naturaleza e Historia. Cataluña". Págs. 208-223, Editorial de Daniel Corteza y C.& 1884.

22 PLENDERLEITH, H. J.: "The conservation of antiquities and works of art". London, Oxford University Press, 1956.

23 POCHON, J. et TCHAN, Y. T.: "Précis de Microbiologie du sol", Masson & Cie., édit., 1948.

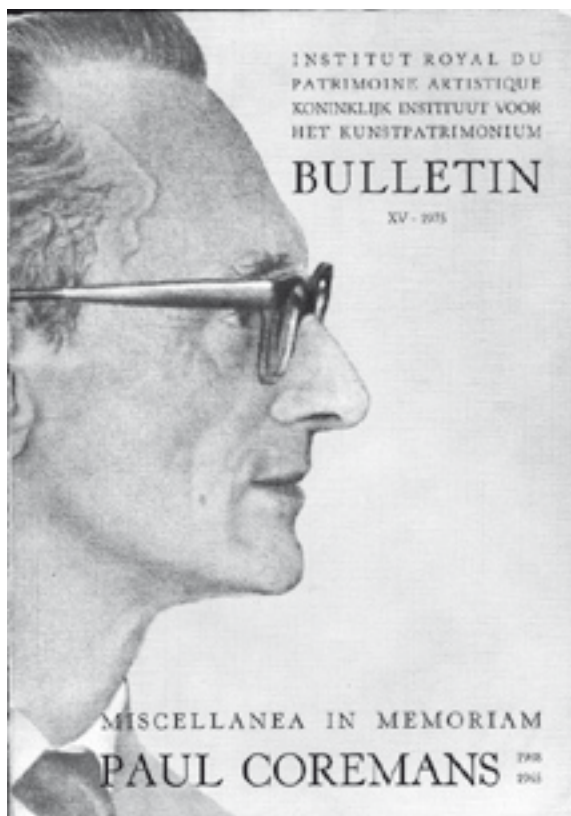
24 RAWLINS, F. 1. G.: "The cleaning of stonework" en, Studies in Conservation In, 1957, págs. 1-23.

25 ROGENT, Elías: "Santa María de Ripoll". Barcelona, 1887.

26 CABRERA GARRIDO, José M.<sup>a</sup>: Informe de los trabajos de consolidación realizados en la Portada de Santa María de Ripoll. Madrid, 3D-XI-19M. Texto polic. (Archivo I. C. C. R.)

27 WAKSMAN (S. A.): "Principles of Soil Microbiology" Bailliere, Tindall C.O, Londres, 1927.

### 3.2. Programa para la Conservación de la Portada de Ripoll



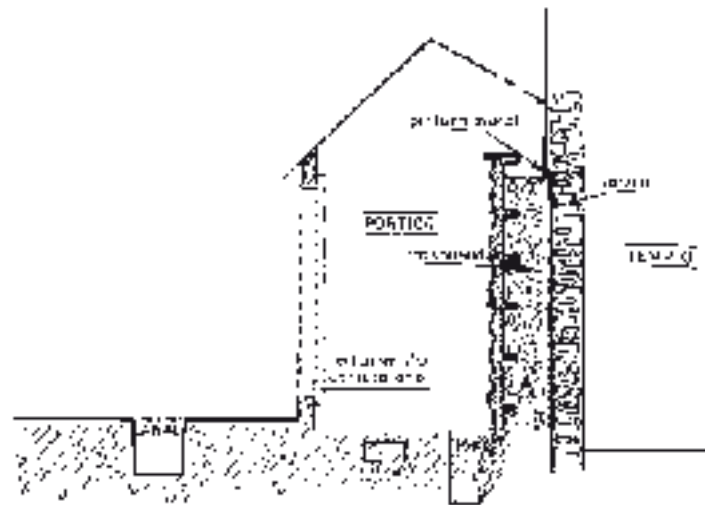
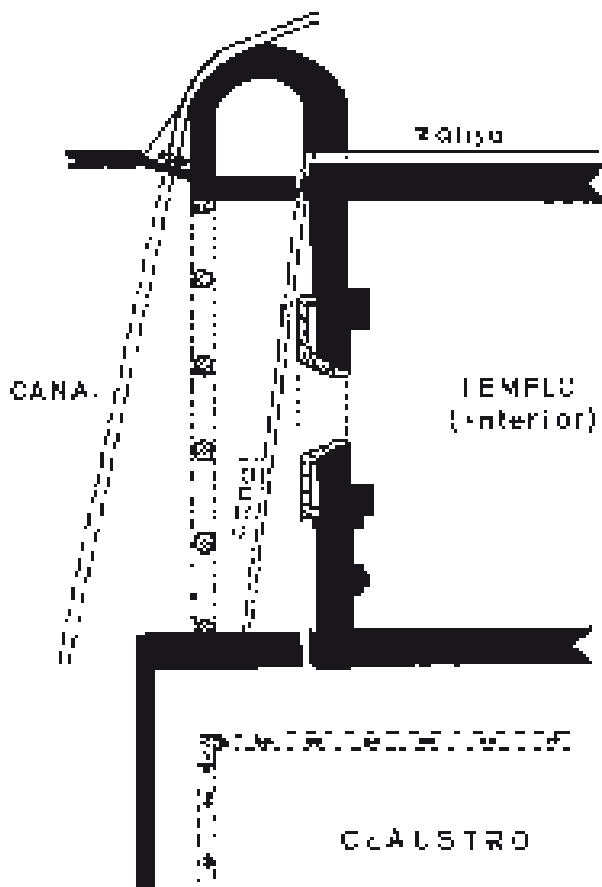
Hace ahora diez años que, junto a Paul Coremans, dimos los primeros pasos en el estudio y tratamiento científico de la alteración que amenazaba con destruir rápidamente a la Portada del Monasterio de Santa María de Ripoll, obra príncipe del Románico Catalán del siglo XII.

Tras el primer informe de los trabajos realizados en noviembre de 1964<sup>1</sup>, hemos continuado profundizando en el conocimiento de la obra y sus modificaciones, llegando a establecer un Programa de trabajo preciso. En 1972, gracias a la coordinación establecida entre la Dirección General de Bellas Artes y la Fundación "Juan March", se pudo continuar la aplicación del tratamiento, redactándose un segundo informe <sup>2</sup> de los trabajos realizados. Actualmente, habiendo terminado todas las

operaciones comprendidas en el Programa de conservación, reunimos en este trabajo los principales datos capaces de permitirnos una aproximación al análisis crítico de los resultados obtenidos, dedicándolo a la memoria de quien nos dejó como herencia una forma de sentir y de hacer por las Obras de Arte enfermas.

#### RESUMEN DE LOS PRINCIPALES DATOS RELACIONADOS CON LA HISTORIA MATERIAL DE LA PORTADA

El 2 de febrero de 1428 un terremoto desastroso destruyó el Monasterio. Entre 1826 y 1830 se modificó la Basílica reduciendo a tres las antiguas cinco naves y revocando el interior con Yeso. El 9 de septiembre de 1835 un incendio destruyó el Monasterio y la reconstrucción, iniciada en 1886 no se terminó hasta 1893. Desde 1884 poseemos documentación fotográfica de la Portada, siendo especialmente abundante a partir de 1907. Hacia 1930 se sacó a la Portada un molde con Escayola. En 1961, los participantes de ICOM-Barcelona visitaron el Monumento y se ocupó de su estudio el Profesor Selim Augusti, quien emitió un informe situando la alteración como una bicarbonatación del cemento calcáreo de la arenisca y realizó unas pruebas de consolidación con lechada de cal. También en 1961 el Sr. San Martín aplicó unas Pruebas de consolidación con una pasta de cera de abejas y Azufre, previo calentamiento de la piedra con un soplete de soldador. En 1962 el Prof. B. Marconi realizó pruebas en muestras con el procedimiento eléctrico "Cebertowitz" utilizando silicatos y también realizaron pruebas el Sr. Weber, con un producto secreto, y el Sr. Dorl, con "su sistema", todos ellos en muestras de piedra.



I. Esquemas de planta y sección indicando los principales datos estructurales útiles en el Programa para la Conservación de la Portada.

En 1963 el Sr. Vogt propuso la limpieza con Fluatos Kessler y la consolidación conl Acido Fluosilícico tras impregnación con silicatos alcalinos. En 1964 el Sr. Kratz propone desmontar la Portada e impregnar al vacío con Silicatos y Fluatos, el Sr. Cebrían propuso el tratamiento con "su producto" y el Sr. Rafart hizo pruebas con resinas naturales.

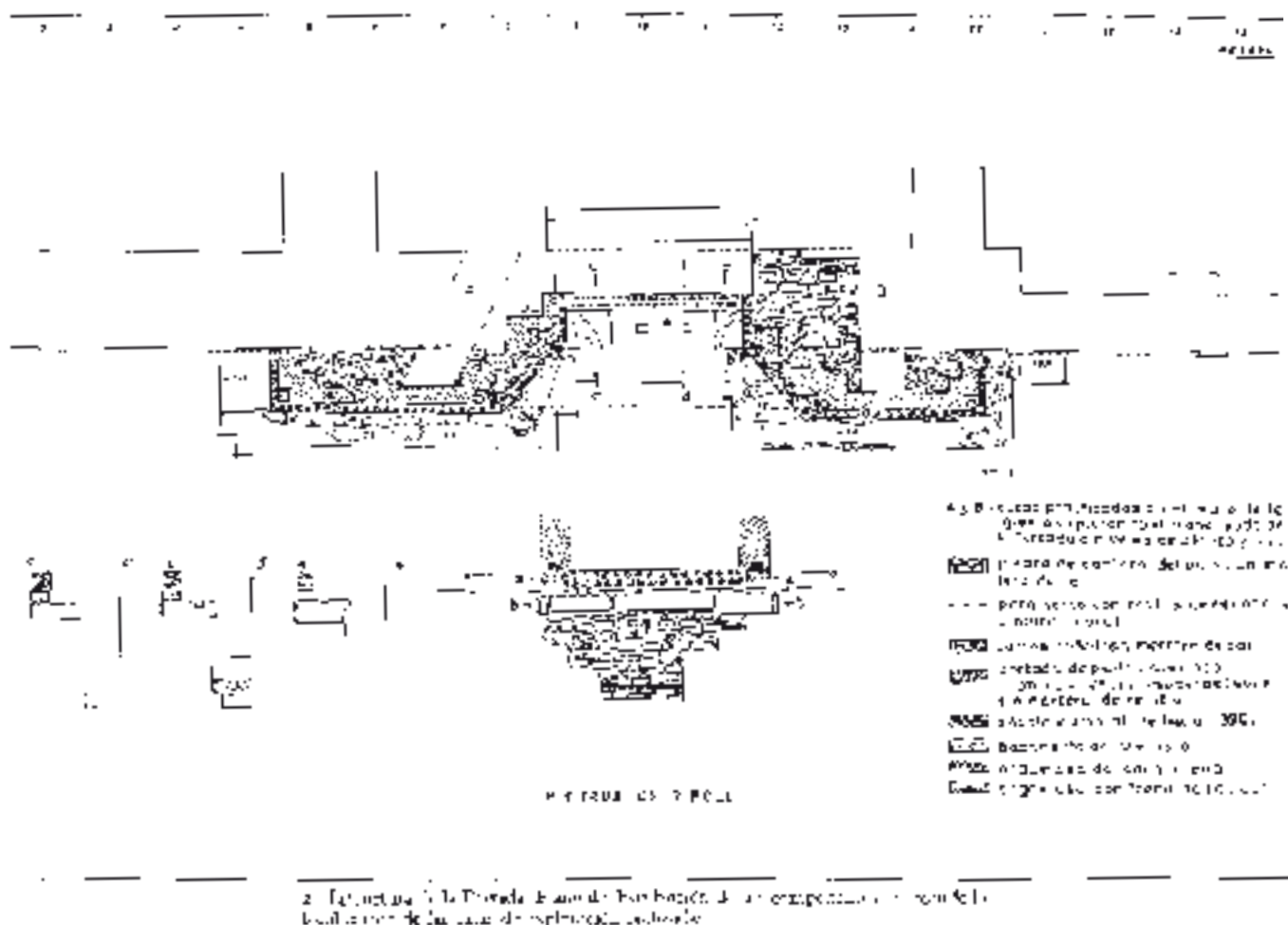
En 1963 se creó una Comisión Asesora vinculada al Patronato de Investigación Científica y Técnica "Juan de la Cierva" (CSIC), para el estudio de estos problemas, y el Dr. B. Iñigo Leal estudió la acción en la Portada del Thiobacillus Novellus aislado como única especie heterotrofa y, bajo la dirección del Profesor Rey Pastor, la Escuela

de Topografía de Madrid realizó la toma de datos fotogramétricos de la Portada.

En 1964 y en colaboración con el Prof. Coremans, la Comisión estudió el problema acordando que se aplicase un tratamiento de fijación y protección a la piedra. El Arquitecto Conservador del Monasterio Sr. A. Ferrant ha venido aplicando atenciones constantes tendentes a evitar la penetración del agua freática mediante una zanja practicada a todo lo largo del muro norte y aislando el salto de agua en el canal que pasa frente al pórtico.

El Programa de Conservación y Protección de la Portada se ha realizado en tres fases:

1ª. 1-15 de noviembre de 1964. - Fijación de la superficie alterada con disolución de



Estructura de la Portada. Plano de distribución de sus componentes, indicando la localización de las catas de exploración realizadas.

Bedacryl-I22X, limpieza con aspirador y cepillo, y consolidación con disolución del polímero acrílico anterior.

2ª. Julio-septiembre 1971. - Sujeción de la Portada y limpieza del trasdosado, impermeabilización del tejado y eliminación de humedad capilar.

3ª. Febrero-Marzo 1973. - Cerramiento acristalado y ventilación artificial controlada del Pórtico.

### ESTRUCTURA DE LA PORTADA

De acuerdo con el Arquitecto Conservador se hicieron las siguientes exploraciones:

a) Practicar unas catas en el muro de la

Iglesia para estudiar el trasdós de la Portada (A y B de la fig. 2).

b) Excavar en el frente de la Portada, a todo lo largo de los cimientos, para analizar los materiales subyacentes.

Las observaciones realizadas son:

Sobre la pared hastial de las catas A y B, el muro de la Iglesia está hecho con piedra de canchales del país envuelta en mortero de cal; el trasdosado de la Portada, explorado a niveles de planta y coro, se compone de cantos rodados de gran tamaño y recibidos con poco mortero de cal; tras la Portada, el muro presenta un paramento con restos de revoco de mortero de cal alisado con pale-

ta, que se conserva mas abundante en las zonas altas.

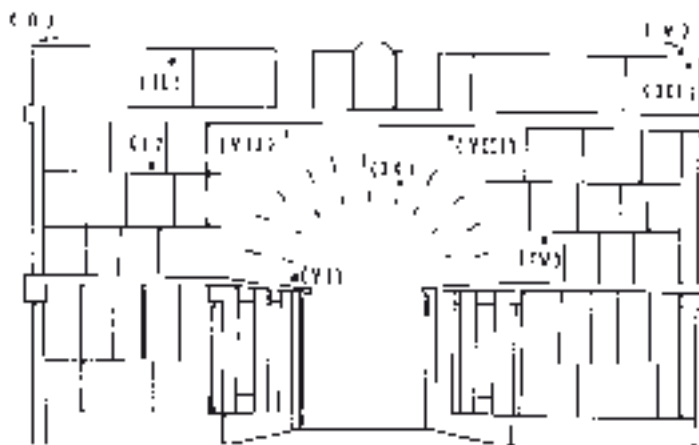
La Portada, de piedra arenisca, está compuesta por plafones de unos 25 cm de espesor y por impostas que penetran hasta 60 cm. No se han encontrado restos de ningún mortero de recibo pero, por el exterior, están rejuntadas a veces con cemento rápido. En el trasdós, la piedra arenisca presenta frecuentes exfoliaciones y una ligera arenización de la superficie. Se observa que la parte superior del trasdosado es a base de materiales de escombros, añadidos sobre los cantos rodados, suponiendo un espesor medio de cuarenta centímetros. Se aprecia que la parte superior de la Portada está separada del muro unos diez centímetros en el lateral derecho y rejuntado con cemento rápido.

Tras asegurar la estabilidad de la Portada con grapas de hierro galvanizado sujetas al muro, se procedió a eliminar el relleno de escombros y el Yeso con que estaban rejuntados algunos plafones, quedando al descubierto las arcuaciones lombardas del muro con revoco de cal alisado con paleta y restos de pintura mural. La superficie del trasdosado de cantos rodados esta tratada con piedras de menor tamaño y mayor cantidad de mortero que en el interior, lo que hace que aparezca como una superficie bastante regular.

La excavación a lo largo de los cimientos permite ver que el apoyo de la Portada está hecho con bloques de piedra arenisca similar a la de la Portada, algunos de los cuales proceden de otras construcciones. La Portada monta sobre un zócalo de piedra arenisca y cemento rápido adosado hacia 1890. La excavación no ha dado ningún tipo de material arqueológico suelto pero se pueden ver los siguientes datos:

1. La Portada monta sobre las losas de un umbral preexistente que llevan las marcas de sujeción y cierre de una puerta que abría hacia el exterior, anterior a la Portada.

2. Bajo este antiguo umbral continúa el



3. Esquema de la Portada señalando la localización de muestras para análisis.

muro del Templo con paramento regular hasta una profundidad explorada de 1,5 m, observándose aquí un saliente en el muro y, sobre el suelo un estrato de mortero de cal y arena (ver fig. 2 secciones b-b' y d-d' respectivamente).

3. A ambos lados de la Portada existen unos pozos de 1,6 m y 3,8 m de profundidad cerrados con armazón metálico que soporta una estructura de ladrillo hueco y utilizados como osarios. Hasta la profundidad máxima vista de 3,8 m el paramento del muro continua siendo de cantería del país muy bien aplomada.

#### TOMA DE MUESTRAS Y PROGRAMA DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Las muestras analizadas constituyen dos grupos bien diferenciados: las 10 primeras son de la Portada y se localizan según el esquema de la fig. 3, Y las seis restantes proceden del Claustro y muros del Monasterio.

El tamaño de las muestras que se han podido tomar de la Portada hace imposible aplicar a todas ellas el programa analítico completo, por lo que, basándonos en sus propias características, se han distribuido de la siguiente forma:

Nº de muestra	Observaciones	Determinaciones analíticas
0	Fragmento de piedra poco alterada del trasdós de la Portada	1, 2, 3, 4, 7 y 8
I	Fragmento de piedra con alteración media (descamaciones)	1, 2, 5, 6, y 7
II	Fragmento de piedra con alteración avanzada (arenización)	1, 2, 3, 4, 7 y 8
	Fragmento de piedra con alteración avanzada (arenización)	2, 7 y 8
	Fragmento de piedra con alteración media (descamaciones)	2
	Fragmento de piedra poco alterada del trasdós de la Portada	2
VI	Arena superficial	7
VII	Arena superficial	7
VIII	Arena superficial	7
IX	Arena superficial	7
X a XV	Claustro y muros del Monasterio	

1. Microscopía de láminas delgadas.
2. Difracción de Rayos X: diagramas de polvo.
3. Difracción de Rayos X: agregados orientados.
4. Difracción de Rayos X: agregados orientados + 5. Porometría con Mercurio.
6. Granulometría.
7. Sales solubles en agua.
8. Espectrografía de emisión.

#### DATOS EXPERIMENTALES

El análisis microscópico en laminas delgadas 3 nos muestra que la roca es sedimentaria samítica de grano muy fino, compuesta principalmente por Cuarzo, Feldespato, Óxidos de Hierro, Calcita/Dolomita, Plagioclasas y Micas, cementados por Calcita/Dolomita, Arcillas y Oxidos de Hierro. Se puede definir como

una Samita Arcósica de cemento Calcáreo-Arcilloso, siendo los granos detríticos generalmente angulosos y el cemento no muy contínuo. Los minerales identificados en las láminas delgadas son: Cuarzo, Feldespato, Feldespato Potásico alterado, Óxidos de Hierro, Calcita/Dolomita, Biotita, Biotita cloritizada, Clorita, Moscovita, Pistachita, Circón, Rutilo, fragmentos de roca y un pequeño resto orgánico.

La Difracción de Rayos X nos confirma la existencia, en las seis muestras estudiadas, de Feldespato, Cuarzo, Calcita, Dolomita y Caolinita, apareciendo Yeso en las muestras con alteración mas significativa 1 al IV; los interestratificados que aparecen han podido analizarse con mayor precisión indicándonos, la técnica de agregados orientados, la presencia de Illita y Clorita, y poniendo de manifiesto con Etilinglicol la presencia de Moscovita y Esmectita.

El análisis granulométrico muestra que la fracción mas abundante (39,68 %) se sitúa entre 0,125 y 0,063 mm seguida por la fracción comprendida entre 0,063 y 0,3 mm que representa un 38,66 %. Las partículas mas gruesas están entre 0,5 y 1 mm (0,21 %) y la fracción menor de 0,3 mm solo supone el 2,33 %.

La densidad de la roca es aproximadamente 2,48 g/cm<sup>3</sup> y la porosidad abierta determinada en agua bajo una presión de unos 760 mm de Hg es aproximadamente 11,96 %.

La porometría con Mercurio 4, determinada entre diámetros de poros de 180 micras y 0,025 micras, indica una porosidad total abierta de 10,93 %. El mayor volumen de poros corresponde al intervalo 0,1 a 1 micras con 4,87 %, estando el máximo absoluto (1,57 %) entre 0,25 y 0,5° micras. La curva teórica que podría situarse sobre el histograma de porosidad sería sensiblemente bimodal con máximos en las zonas 0,1 a 1 micras y 5 a 13,5 micras.

La menor sección de poros determinada (0,025 a 0,05 micra s) representa el 0,27 % y



	II	I	II	III	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	media	
Ca	20,82	27,17	0,00	28,65	22,18	28,34	28,24	28,58	27,27	27,98	23,72	24,86	27,06
SO <sub>4</sub>	37,20	64,4	50,25	58,42	64,98	67,25	67,07	67,00	66,73	67,13	62,77	67,74	65,21
Na <sup>+</sup>	0,36	1,12	0,86	0,57	0,10	0,21	0,26	0,44	0,43	1,24	1,74	0,46	0,90
K	0,00	0,75	0,45	0,27	0,79	0,25	0,37	0,36	0,81	0,00	0,00	0,58	0,70
Mg	—	—	0,75	—	0,16	0,77	1,24	0,96	0,97	—	2,87	—	1,50
NO <sub>3</sub>	0,20	2,32	3,37	0,07	0,11	0,14	0,07	0,04	1,13	0,20	0,36	0,11	1,54
Cl	0,00	2,74	1,87	0,28	0,05	0,19	0,07	0,17	0,37	0,64	—	0,37	0,91
CO <sub>3</sub> Ca	—	0,82	1,17	0,15	1,32	2,37	1,19	1,10	2,72	0,00	1,09	0,19	1,07
Fe	—	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	—	—	—	0,002	—	—	—	—	—	—	—	—	—

g de sales en 100 g de muestra

sales (%)	0,282	0,918	1,275	0,375	0,465	0,720	0,345	0,220	3,038	1,140	0,218	0,463
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

la mayor sección (9° a 180 micras) supone un 0,22 %. El diámetro de poros que corresponde al 10 % de la porosidad total es 12,64 micras lo que, de acuerdo con el criterio de Gérard <sup>5</sup> establecido para las calizas, hace que la roca pueda clasificarse como "no alterable por el hielo" ya que es netamente superior al valor 2,5 micras establecido.

La determinación de sales solubles en agua (ver cuadro p. 47) siguiendo las normas establecidas por Dupas <sup>6</sup> nos indica que cualitativamente son muy similares en todas las muestras de la Portada y de otras partes del Monasterio, estando constituidas principalmente por Sulfatos y Calcio con mas del 9° % del total por termino medio; los Cloruros y Nitratos están, por termino medio, compren-

didados en 1,22 y 1,54 respectivamente; para el Sodio y el Potasio los valores medios determinados son 0,9° y 0,79 respectivamente, los Bicarbonatos dan un valor medio de 1,96 % y el Magnesio, no siempre presente, representa en valor medio el 1,5° %. La cantidad de sales solubles en la muestra más sana supone el 0,088 % y en las mas alterada alcanza el valor de 11,160 % referidos al peso total de la muestra seca.

## CONCLUSIONES

I. La documentación fotográfica existente nos permite ver que la evolución del proceso de alteración se acelera desde principios del siglo xx y avanza con extraordina-

ria rapidez desde 1930 aproximadamente. Esta documentación nos permite apreciar las importantes modificaciones introducidas en la estructura de la Portada y de su entorno.

2. Entre los diferentes mecanismos de alteración capaces de haber actuado, cabe destacar las sales solubles y en especial el Sulfato de Calcio. La procedencia de estas sales puede ser diversa: el agua del canal que desde el salto próximo y por capilaridad ha actuado sobre la Portada, los revocos de Yeso aplicados al Monasterio en 1830 y luego expuestos a la acción de la intemperie durante 50 años, el molde de Escayola que se sacó hacia 1930, el escombros y los rejuntados de Yeso en la parte superior del trasdós, la acción del *Thiobacillus Novellus* identificado, principalmente.

3. Los cambios operados en la estructura del trasdosado original de la Portada, cegan-

do su porosidad con un relleno de escombros, se consideran fundamentales desde el punto de vista de la alteración por modificar el frente de evaporación de la Portada.

4. El tratamiento aplicado se ha mostrado plenamente eficaz durante los diez años transcurridos. Ha consistido fundamentalmente en:

a) Consolidar la superficie escultórica disgregada restaurando la estética del Monumento.

b) Restaurar la porosidad original del trasdosado, eliminando el relleno de escombros acumulado sobre él. c) Evitar las filtraciones de agua desde el tejadillo y desde el suelo. d) Acoplar un cerramiento acristalado a los arcos del pórtico, creando un microclima controlado, menos agresivo en Humedad relativa y temperatura. ■

## NOTAS

1 Informes y Trabajos del Instituto Central de Restauración, 5, 1965, también en Monumentum, 1, 1967, Y en Icomos. Colloques sur l'altération des pierres. Bruxelles, 1966-1967, p. 127.

2 Informe a la Fundación Juan March, febrero 1972; también en com Committee for Conservation, Madrid, 1972

3 En las muestras 0, I, II, se han realizado dos preparaciones perpendiculares entre sí, utilizando la técnica de Bálsamo de Canadá previa tinción de la roca con

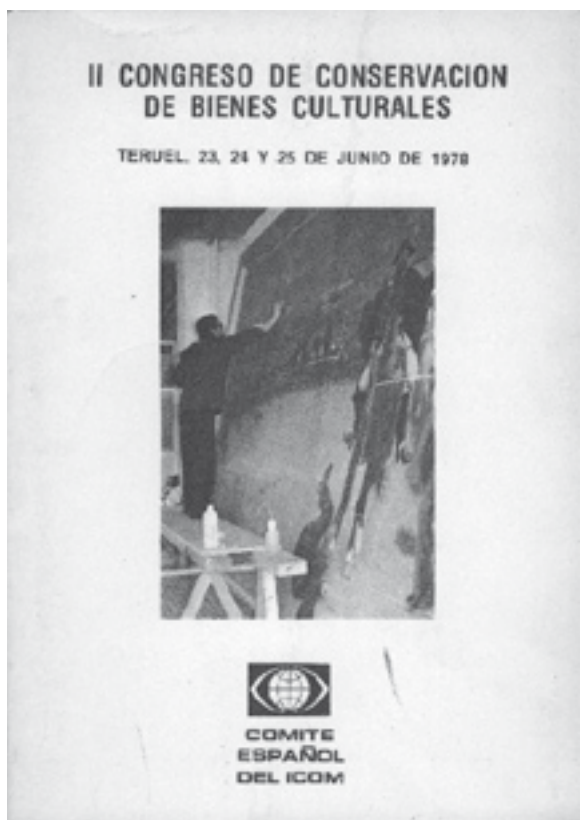
Cobaltinitrito Sádico

4 Centre scientifique et technique de la Construction. Rapport, Essai/341/498, Bruselas, 1973.

5 R. GÉRARD, Détermination de la résistance au gel des matériaux de construction par la porométrie au mercure, en Revue du Centre scient. et techn. de la Constr., n° 1, 1969.

6 M. DUPAS, L'analyse chimique des pierres calcaires et de leurs altérations dans les monuments, en Icomos. Colloques sur l'altération des pierres, Bruxelles, 1968.

### 3.3. Catedral de León: Sobre algunas particularidades tecnológicas en la conservación de la escultura lítica exenta (1)



#### 1. INTRODUCCIÓN

Los paramentos exteriores de la Catedral de León parecen un muestrario de sillares: diferentes grados de erosión, color variable, rocas de distintos orígenes, etc., hacen evidentes los trabajos realizados en distintas épocas con materiales procedentes de diferentes canteras.

La diversidad en los materiales y fechas de utilización también se refleja en los elementos decorativos de pináculos y botareles: unos son afiligranados y sujetos al más puro estilo gótico; otros, platerescos figurando flameros y candelabros; los hay hasta barrocos tendiendo a imitar la delicada crestería de los

góticos, y algunos se ven de factura reciente o muestran fragmentos o macollas sustituidas hace pocos años. Al iniciar los estudios científicos tendentes a diagnosticar el mal, caracterizando los distintos materiales, formas de alteración, velocidad de erosión, etc., el técnico se siente asaltado por la misma sensación que se percibe en la Cueva de Altamira ante la dificultad de discernir entre lo original y lo añadido o transformado. Se ven materiales antiguos bastante bien conservados aún junto a otros de reciente sustitución y muy deteriorados, etc.

Para don Manuel Gómez Moreno, "la historia de las restauraciones leonesas es, un drama ejemplar" y en 1908 describe "el edificio enmascarado por enormes restauraciones, en parte sensatas y fieles, en parte antojadizas, ya por llevar el sello de otros tiempos, ya ideadas con un criterio fantástico de restitución y embellecimiento" junto con una importante cantidad de datos y juicios sobre el insaciable afán de sustituciones que caracteriza las obras realizadas desde 1869, inducidas al parecer por problemas que se inician por defectos y mala calidad de los materiales ya desde el siglo XV. Para él, estas obras del siglo XIX fueron un error doctrinal, pegadizo desde Francia, a que no lograron sustraerse el talento y saber de don Juan de Madrazo.

Desde nuestro punto de vista de la conservación, estos datos de carácter general y la evidencia de piedras procedentes de Boñar, canteras del país, Burgos, Alicante, etc., en distintas fechas a lo largo de varios siglos, sitúan como elemento de partida obligatorio la elaboración de un estudio histórico tan profundo como sea posible sobre la "evolución material" de la catedral, a fin de localizar en la construcción los distintos materiales, fecha

de colocación, estado de conservación, base imprescindible para un diagnóstico correcto.

No puede ocultársenos que, hasta tanto no se realice un diagnóstico adecuado, será de muy difícil elaboración un proyecto de terapéutica eficaz por carecer de una base firme de partida para la justificación de los tratamientos aplicables a las piedras de la Catedral de León.

Un problema totalmente diferente es el que plantea la conservación de la escultura gótica de la catedral, bastante bien conocida desde 1974, gracias a la tesis doctoral de doña María Angela Franco Mata y en la que, especialmente para las formas exentas y aquellas otras que sea posible separar temporalmente de la construcción, hemos podido llegar a establecer un proyecto de trabajo concreto y con un nivel de justificaciones que nos parece aceptable.

Acéptese que si bien el estado actual de conocimientos en los problemas de conservación de la piedra no son exhaustivos, la gravedad del daño en la escultura amenaza con la desaparición de las formas en pocos años, por lo que parece conveniente estudiar un tratamiento de conservación programado con las mayores garantías de eficacia y reversibilidad que en el presente se puedan obtener, a lo que queremos contribuir con este trabajo.

## II. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO

La piedra de la escultura leonesa es una dolomita de grano fino y bastante porosa, que fue policromada al temple sobre una preparación de yeso. Los agentes climáticos han ido deteriorando la pintura y, por falta de mantenimiento, ha llegado a desaparecer casi completamente, perdiéndose al mismo tiempo la función protectora que desempeñaba; a través de fisuras y desconchones han penetrado hasta la piedra los gases contaminantes derivados del  $\text{SO}_2$  que dan origen al peligrosísimo sulfato de magnesio en el inte-

rior de los poros de la roca, el cual ejerce su acción destructora cuando la humedad relativa del aire alcanza valores altos.

El equilibrio que desde la Edad Media había permitido la conservación de estas obras ha quedado descompensado por tres razones fundamentales: debilitamiento de la policromía, falta de mantenimiento y la introducción en el sistema de un nuevo factor, el gas sulfuroso de la contaminación atmosférica, especialmente peligroso en su conjunción con los compuestos magnesianos de esta roca.

Para restaurar el equilibrio, varios factores condicionan la rutina de operación:

A) En primer lugar, la superficie pulverulenta se fija con un producto que mantenga en lo posible sus características de porosidad, para lo cual da buenos resultados una disolución alcohólica de un náilon modificado como el calatón (I. C. I.) (2), que forma una película suficientemente discontinua.

B) De forma paralela, se procede a secar la piedra, ayudándose con estufas de infrarrojos y controlando el proceso en su fase final, por medida de la temperatura de superficie; durante esta operación, dado que la piedra seca de dentro hacia fuera, las sales quedan acumuladas cerca de la superficie.

C) Una vez que la piedra está totalmente seca y su superficie fijada se procede a la extracción de las sales solubles que contiene. Es ésta, sin duda, la etapa más fundamental del tratamiento por constituir la acción curativa propiamente dicha. En esta etapa, los factores específicos del caso presente han sido los siguientes: 1.º Las sales a extraer son, el sulfato de magnesio, principalmente, y algo de cloruros y nitratos, pero muy pocos. 2.º El sulfato de calcio no podemos eliminarlo porque forma parte de la preparación de la policromía, pero es necesario evitar que se movilice aislándolo de la humedad. 3.º Las

esculturas recibieron hace años dos impregnaciones con una solución de resinas de etil silicona (3), lo que actúa rechazando el agua, que es el vehículo necesario para la extracción de las sales.

La capa hidrofugante de resina de silicona hemos conseguido atravesarla añadiendo al agua un poco de agente tensioactivo no iónico, lissapol (I. C. I.).

Por otra parte, las pruebas de desalación realizadas en piedras de similares características, también siliconadas, nos han permitido ver que los primeros iones que atraviesan esta barrera son los cloruros y los nitratos, seguidos más tarde por los sulfatos. Con vistas a la protección del yeso de la preparación y para sacar provecho de la mayor movilidad de los iones

cloruro, procedemos a humectar la superficie a tratar con una disolución al 0,1 por 100 de hidróxido de bario y 0,05 por 100 de lissapol, con lo que los sulfatos fácilmente accesibles por el agua quedan inmovilizados en forma de barita y los iones resultantes de la reacción pueden ser eliminados por extracción más eficazmente (4).

De acuerdo con esto, el tratamiento de desalación prosigue con la aplicación de una pasta formada con polvos de talco y caolín a partes iguales y mezclados con un volumen igual de sepiolita, a los que se agrega agua con detergente para formar una pasta (5). Con esta formulación se pretende: 1.º Que las partículas de polvo sean muy finas y, por su fina estructura porosa promuevan un mayor



En el pórtico occidental de la Catedral de León, como consecuencia de las obras realizadas el pasado siglo, se recogen en la cubierta una parte considerable de aguas pluviales que desaguan por dos gárgolas ante la entrada del templo, salpicando el agua a las esculturas. Hemos recogido esta agua y les hemos dado salida por un lateral del pórtico.



Detalle de una de las dos gárgolas que dan salida a las pluviales.

aporte de sales durante el secado, y 2.º que la masilla que forman sea muy blanca para detectar fácilmente los residuos que puedan quedar sobre la piedra, ya que junto a ellos se encuentran las sales que se quiere eliminar totalmente.

La eficacia de la desalación se comprueba sobre el polvo de la pasta una vez seco, haciendo pruebas químicas de cloruros (con nitrato de plata) y de bario (con rodizonato de sodio), repitiendo la aplicación de la pasta hasta tres y cuatro veces, según las zonas.

D) Una vez que la escultura está seca, fijada su superficie y los restos de policromía, y limpia de sales solubles y suciedad por aplicación reiterada de la mascarilla absorbente, procedemos a aplicarle un producto de protección, a modo de barniz, que impida la penetración de los contaminantes atmosféricos, las sales y la humedad. Para este fin seleccionamos aún las disoluciones de resinas acrílicas, en particular el bedacryl122 X (1. C. I.), unas peculiaridades de aplicación muy matizadas, tratando las obras por inmersión en una cubeta y utilizando el producto a la concentración del 10 por 100 en resina sólida con disolvente White Spirit, tres o más aplicaciones.

La selección de esta resina ha sido cuidadosamente meditada, una vez más, a la vista de los conocimientos actuales y con miras al fin concreto que nos proponemos alcanzar, de acuerdo con los siguientes argumentos:

Para consolidar y proteger los objetos de piedra se suelen utilizar productos orgánicos e inorgánicos. Unos expertos defienden por principio el empleo de los inorgánicos, planteando argumentos de orden filosófico que les impiden mezclar la piedra con lo orgánico. A otros, nos resulta generalmente preferible el uso de compuestos orgánicos que, por ser mucho más versátiles se adaptan mejor a las peculiaridades de cada problema y se asemejan más a los aglutinantes de las policromías y recubrimientos que antes cumplían similares funciones de protección eficazmente.

Lo que a nuestro entender caracteriza los resultados de unos y otros es la aceptación de que cuando los problemas que se pretenden resolver por la aplicación de alguno de ellos son todos los relacionados con todos los tipos de piedra y todas las causas negativas a la conservación de origen, sales, hielo, humedades, contaminantes, etc., el error radica en el principio que considera el producto como una panacea, y los resultados que así se alcanzan han de ser lógicamente poco satisfactorios. En nuestro caso, el producto que necesitamos debe cumplir los requisitos fundamentales de estabilidad, reversibilidad, etc., exigibles a todos los que se utilizan en conservación, y debe desempeñar la misión principal de proteger la roca de la acción de los gases ácidos contaminantes y en particular del  $\text{SO}_3$ .

La primera objeción importante a estos productos orgánicos es que modifican más o menos el aspecto de las piedras tratadas (6), lo que en algunos casos llega a ser un serio impedimento; entre los factores en juego figuran el índice de refracción de la resina y los constituyentes de la roca, y una

vez eliminado el disolvente, se aprecia que la modificación se suele deber más a la limpieza que a la impregnación con la resina. Cuando la influencia es pequeña como en el caso presente, puede aún disimularse más mediante tratamientos de superficie tendentes a mitigar el factor brillo, principalmente.

Un segundo tema de controversia en el empleo de productos de consolidación orgánico, es el de su alterabilidad por la luz junto a la insolubilización que a largo plazo puede presentarse en los polímeros acrílicos según los ensayos recientes de envejecimiento acelerado. La mayor parte de estos productos han sido estudiados detenidamente (7), y su resistencia a las reacciones fotocatalizadas se ha podido establecer con suficiente precisión, particularmente en su empleo como barnices de pintura. Pero desde nuestro punto de vista es necesario aceptar que la intensidad de la luz es muy pequeña en el interior de los poros de la roca a pocas micras de profundidad (8).

El tercer aspecto del problema, a nuestro entender el más importante, es el que se relaciona con la generalmente insuficiente penetración del producto consolidante en el material pétreo poroso, ya su migración hacia las superficies de evaporación durante el proceso de eliminación del disolvente. Un importante estudio sobre este tema (9) relacionando los distintos parámetros en juego ha demostrado la importancia que debe dársele a la elección del disolvente y al proceso de secado, viéndose que las disoluciones en el disolvente White Spirit a la concentración del 10 por 100, suministran la mejor distribución de la resina en el interior de los poros de las rocas; también es útil emplear recursos para disminuir la velocidad de evaporación del disolvente, así como realizar impregnaciones profundas por inmersión en una cubeta o, mejor aún, por aplicación de una sobrepresión.



Aspecto de las esculuras bajo las gárgolas, afectadas por el agua.

### III. ESTUDIO DE LOS MATERIALES

#### 3.1. Examen previo

Aparte de una arenisca grisácea y granimenunda procedente de Alicante que ha sido introducida desde hace unos siete años en las zonas sobre la Sacristía, así como en la sustitución de las dovelas erosionadas del vértice apuntado de las arquivoltas exteriores en el pórtico occidental, se pueden distinguir tres tipos fundamentales de piedra: A) de las canteras de Boñar, B) de canteras del país, y C) de las canteras de Hontoria en Burgos, siendo posiblemente mayor la proporción de las dos primeras.

A) Piedra de Boñar, de color ocre más o menos claro, es una dolomita de grano fino y



Detalle del tímpano mostrando el «picado» de la patina por la acción del agua que les salpica desde las gárgolas.

bastante porosa. Se distinguen dos tipos fundamentales: A.1. Piedra antigua en los pórticos, claustro, toda la escultura y algunos pináculos principalmente. Es de buena calidad y debe corresponder a los mejores bancos de la cantera ya agotados (actualmente sólo el más profundo suministra material aceptable y está destinado a la obtención de chapa de piedra de mejor precio). La forma de alteración más generalizada consiste en la aparición de finas escamas y costras en superficie que luego se desprenden mostrando una superficie arenizada, falta de cohesión hasta el nivel de deshacerse en granos bajo la acción de un pincel suave y en la que el análisis químico pone de manifiesto un enriquecimiento en elementos salinos solubles en agua y en particular de sulfato de magnesio como elemento mayoritario, seguido por el sulfato de calcio, y los nitratos y cloruros alcalinos en menor proporción. En las zonas más expuestas y más

labradas, como son los relieves adosados a las columnas del pórtico occidental agredidas en mayor grado por la lluvia con viento dominante de componente oeste, el daño evoluciona rápidamente bajo las costras, tendiendo a redondear las formas hasta la casi desaparición total de los relieves.

A.2. Sillares sustituidos durante las restauraciones del siglo pasado, compuestos por un material de características heterogéneas, tanto en su aspecto como en su resistencia a las intemperies, apreciándose claramente en casi toda la fachada sur, algunos pináculos, etc. Del mismo tipo de piedra y caracteres semejantes, procedente de reposiciones efectuadas hace unos veinte años, también encontramos sillares en la torre norte, remate sobre la puerta de San Froilán, algunos pináculos y macollas, etc. Generalmente está bien conservada, pero en zonas concretas se observan alteraciones atribuibles al alto contenido en



sulfatos (casi un 1 por 100), con formación de costras y arena subyacente y, en otras zonas como, por ejemplo, las partes labradas de algunos pináculos, muestra la piedra una estructura polihojosa con separación de capas y una fisuración integral de la masa atribuible a fenómenos de heladicidad.

En líneas generales, la piedra de Boñar, tanto la antigua como la moderna, se muestra muy sensible a las sales solubles y en particular a los sulfatos que son de aportación en el monumento, pues no aparecen casi en el material de cantera, junto a un enriquecimiento local por fenómenos de migración hacia zonas preferentes de evaporación de las disoluciones, y en esos puntos los daños se producen por la repetición de los procesos de cristalización y eflorescencia de acuerdo con la presión parcial del vapor de agua en la atmósfera.

B) Piedra del país, similar a la de Boñar, pero de peor calidad, muy cargada de arcilla rojiza y que se diferencia claramente en la catedral por presentar un intenso fenómeno de arenización superficial, en gran parte de la fachada y torre norte, cuerpos bajos de la torre sur, buena parte de los arbotantes, contrafuertes, etc. El mortero de las juntas aparece saliente por conservarse mejor. La piedra contiene pocas sales solubles (como un 0,3 por 100) y son fundamentalmente sulfatos de calcio y sodio careciendo de magnesio móvil. Las características porosimétricas ( $d_{10}$  menor de 0,3 micras) y las experiencias de heladicidad efectuadas, permiten clasificarla como una roca muy sensible a las sales solubles y las heladas. Cabe también destacar la posible orientación indebida del lecho de sedimentación en la colocación de los sillares, pues la formación y desprendimiento de lascas paralelas a la superficie exterior es una indicación elocuente.

C) Piedra de Burgos, muy probablemente de la zona de Hontoria, es una caliza muy blanca formada por granos gruesos de carbo-

nato de calcio formando grandes cristales que cementan restos orgánicos muy destrozados. Toma una pátina clara, de color grisáceo y muy dura, cubierta en gran parte de líquenes. Todas las cresterías de la catedral parecen construidas con esta piedra, distinguiéndose bastante bien por su color diferente del dorado de Boñar. La alteración se localiza en muy pequeñas parcelas, unas veces formando pústulas de bordes ennegrecidos situadas en las zonas a resguardo de la lluvia, con fuerte acumulación de sulfatos; otras presentando una superficie lavada y descarnada en la que destacan en relieve los gruesos granos de calcita con estriaciones, surcos y poros que facilitarán la erosión posterior, demostrando una agresión por disolución, pero que es también de menor importancia. El cuadro es típico de la alteración por humos a los que esta piedra se muestra muy sensible. Como justificación de esta sensibilidad cabe destacar la presencia en la fracción insoluble de la roca de la arcilla sepiolita en filamentos de gran tamaño, que debe jugar un papel importante por la capacidad de absorción que facilita el aporte de agua, aunque la agresión fundamental es sin duda por los sulfatos y sólo parcialmente condicionado por las propiedades físicas de la sepiolita.

### 3.2. Datos analíticos complementarios

En lo referente al estudio de los materiales pétreos, tienden a complementar, verificar y corregir los trabajos publicados por:

Iñiguez Herrero, J., "Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción", Ministerio de Educación Nacional, Madrid, 1961, en sus capítulos sobre los materiales de las catedrales de León y Burgos y de las canteras de Boñar (León), Hontoria, Garcedo y Briviesca (Burgos).

Alonso, J.; Agulleiro, B., y Ortiz, E., "Estudio al Microscopio Electrónico de algunas calizas...", en simposio sobre la alteración de materiales pétreos en los monumentos,

Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1965, que analizan aspectos concretos de la caliza de Hontoria y sus formas de alteración.

### 3.3. Piedra de Boñar

En general es una dolomita de color ocre claro, grano fino y porosidad elevada. Contiene minerales de arcilla en proporción variable entre 3 y 6 por 100, a base, principalmente, de una mica del tipo illita de muy baja cristalinidad, algo de caolinita y proporciones variables de goethita que es la responsable del color. El cuarzo en las muestras estudiadas oscila entre 3 y 8 por 100, la dolomita supone normalmente más del 93 por 100 de los constituyentes de la roca y también existen algunos cristales más grandes de calcita que no han sufrido el proceso de dolomitización. La textura es microcristalina y los cristales de carbonato están bien formados y son transparentes. Los poros, que discurren normalmente por los intersticios entre los cristales, son bastante irregulares en forma, distribución y volumen, suponiendo entre el 20 y 25 por 100 (V N), con una proporción elevada de poros grandes. La porosimetría con mercurio muestra un  $d_{10}$  del orden de 60 micras.

La calidad es bastante irregular, tanto en las piedras de la catedral como en los bancos de la cantera, correspondiendo el mejor material a las piedras más antiguas en la construcción y al banco más profundo en la cantera actual.

### 3.4. Composición química de la piedra de Boñar

Muestras de la catedral:

- I. Color ocre claro, posible fragmento de escultura.
- II. Color muy rojizo, posible fragmento de sillar.
- III. Material de cantera, banco de buena calidad.

	I (%)		
	I	II	III
Me <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,04	5,89	2,63
Si O <sub>2</sub>	3,26	8,02	4,27
Ca O	31,15	29,44	30,22
Mg O	18,32	14,36	19,77
Pérdida a la calcinación	42,67	40,88	43,11
Soluble en agua	0,96	1,12	0,32

### 3.5. Sales solubles

Muestra I. -Polvo salitroso superficial tomado con un pincel sobre la piedra de la portada norte.

Muestra II.-Fragmento de sillar de la fachada sur, bien conservado.

Muestra III.-Fragmento de sillar de la torre norte, muy arenizado.

Muestra IV.-Material de cantera, de buena calidad.

	I (%)			
	I	II	III	IV
Soluble en agua fría	12,3	1,2	0,3	0,2
Cloruros	2,60	2,83	1,09	11,61
Nitratos	5,52	2,45	0,95	1,33
Sulfatos	65,26	59,50	50,62	---
Bicarbonatos	1,95	0,46	2,04	12,24
Sílice	0,32	0,98	1,61	17,28
Calcio	4,54	25,08	20,17	20,12
Magnesio	17,53	6,34	---	15,83
Sodio	1,29	1,22	18,17	12,34
Potasio	0,97	0,11	7,26	7,52

### 3.6. Contaminación biológica

Hemos considerado interesante valorar el conjunto de las bacterias heterótrofas aerobias, ya que puede permitimos juzgar la importancia de la contaminación global en los tres materiales principales.

Las tres muestras estudiadas, una en cada material (piedra de Boñar en una de las esculturas del pórtico norte, piedra del país

en un sillar de la torre norte, piedra de Burgos en el remate de la fachada oeste), han sido tomadas en zonas alteradas, eliminando la capa más superficial y sacando de la parte profunda de la erosión y de forma estéril una cantidad de aproximadamente un gramo de arena, siguiendo las indicaciones establecidas por el Instituto Pasteur para el estudio de las rocas de construcción.

Se utiliza como medio de cultivo un extracto acuoso de tierra de jardín en buen estado pedológico y pH neutro a fin de cultivar la mayor cantidad posible y variedad de bacterias, sembrando en tubos de ensayo con concentraciones comprendidas entre 10 y 10<sup>-8</sup> partiendo siempre del tubo precedente.

Después de quince días de incubación a 26° C, sólo los tubos de mayor concentración presentan una turbidez apreciable, lo que demuestra la presencia de un cultivo.

Desde el punto de vista de la alteración de la piedra, la presencia de una cantidad tan pequeña de microorganismos indica que, en tanto que factor de alteración, debe ser considerado como no significativo.

### 3.7. Mecanismos de alteración

Los análisis indican que uno de los factores de alteración presentes son las sales solubles en agua que contiene la piedra, especialmente los sulfatos de magnesio y de calcio procedentes de la acción química de los contaminantes atmosféricos sobre la roca dolomítica, así como por la disolución del yeso de la preparación de la policromía en el caso de la escultura, aunque en todos los casos este segundo mecanismo debe ser considerado de mucha menor importancia cuantitativa que el primero. La experiencia también demuestra que la roca del país y también algunos bancos de la de Boñar son alterables por el hielo. Aunque es de sobra conocido el duro clima invernal de León, cabe señalar que, casi desde noviembre a mayo, más del 50 por 100 de los días la temperatura llega a

ser menor de 0° C, llegando a alcanzar con cierta frecuencia los - 5 y -10° C, con algunas excepciones más bajas aún, lo que en definitiva supone un elevado número de condiciones de posible hielo/deshielo en cada invierno. Aunque la pluviometría es moderada alcanzándose con frecuencia los 30 mm, los vientos dominantes en días de lluvia castigan preferentemente las zonas orientadas a Poniente y más particularmente al Suroeste, cargando de agua los sillares de esos paramentos; las teorías actuales sobre el mecanismo de formación del hielo en el interior de los poros de la roca, netamente diferentes en modelo a las clásicas basadas en el concepto de aumento de volumen del 9 por 100 aproximadamente del hielo frente al agua al congelarse ésta bruscamente, permiten justificar daños aun en climas menos fríos cuando los materiales tienen un contenido de humedad superior al nivel crítico. Como demostración práctica irrefutable de la heladicidad de este tipo de piedra, consta el hecho de la destrucción total, en un solo invierno, de un conjunto de sillares que fueron desmontados provisionalmente en 1974 durante las obras de reparación de las cubiertas del claustro y que quedaron apilados en el centro del claustro, expuestos a la lluvia y al frío.

La resistencia de las rocas a la acción destructora de sales y heladas depende, principalmente, de la morfología de sus poros y, desde antiguo, los investigadores han visto la relación entre ambos mecanismos; recordemos en este sentido lo que según Niesel (53), dijera Brad en 1828: "yo insistiría en remarcar la gran analogía existente entre el efecto del agua congelada y el de cristalización de sales sobre la desagregación de las piedras heladizas".

Por esto, no es extraño que en la Catedral de León domine en algunas zonas de los paramentos que recibe más humedad un problema básico de heladicidad, mientras que en otras áreas protegidas de la lluvia y particularmente en casi toda la escultura el fenóme-

no dominante sea de alteración por el efecto expansivo de la cristalización de los sulfatos y principalmente del peligrosísimo hexahidrato del sulfato de magnesio que cristaliza o eflorace según que sea suficientemente alto o bajo el valor de la humedad relativa del aire. En otras zonas construidas con este tipo de piedra, es difícil separar ambos factores y nuestra opinión es que trabajan juntos sumando sus efectos, de aquí la rápida destrucción de elementos de piedra colocados a fines del pasado siglo y aún otros repuestos en los últimos veinte años.

La caliza de Burgos presenta ligeras alteraciones por formación de costras negras en las partes de los relieves más resguardadas de la lluvia. Bajo la costra aparece una capa de roca arenizada y falta de consistencia. El conjunto se inserta en el concepto actual de "alteración por humos" que discutiremos en un capítulo específico. También sobre esta caliza de Burgos y cubriendo áreas de importante extensión aparecen formaciones liquénicas que, aunque a nuestro parecer suponen más una protección de la roca que un factor de alteración, también lo analizaremos más de cerca en un capítulo aparte, considerando al mismo tiempo la posible acción de microorganismos que es un tema normalmente desfasado en la apreciación de los no expertos, pues, sin conocer a fondo el conjunto de los problemas reales, buscan demasiado frecuentemente falsas justificaciones en invisibles y, a veces, inexistentes infecciones bacterianas.

En otro orden de cosas y aunque hay constancia escrita de haberse sentido en León el fuerte terremoto del siglo XVIII y a él se han atribuido las grietas que aparecieron en la fábrica de la catedral y particularmente la gran hendidura de oriente a poniente que motivó las obras de restauración, debemos tener también en cuenta que la estructura geológica del terreno bajo la catedral puede considerarse como muy estable a este respecto. Consideramos que se debe tener también en cuenta otros parámetros, tales como posibles deficiencias en la cimentación que sabemos colocada sobre edificaciones preexistentes, así como la existencia de aguas freáticas abundantes a menos de dos metros de profundidad, según se ha comprobado hace poco tiempo al hacer instalaciones de calefacción en la zona sobre la muralla.

Estas humedades que, por succión capilar ascienden en la parte baja de los muros hasta casi dos metros de altura, producen una especie de "zócalo" erosionado en todo el perímetro de la catedral y en el que se aprecian numerosas reparaciones tendentes a remediar los daños mayores, sustituyendo sillares o cubriendo lo erosionado con argamasa, cemento, etc. En el claustro este fenómeno alcanza cotas de alta gravedad por afectar a numerosas obras esculpidas e incrustadas en esa parte baja de los muros, así como también a la propia pintura mural en su límite más bajo. ■

## NOTAS

(1) El proyecto completo se desarrolló en tres conferencias dictadas en el Centro de Estudios Mayores de la Construcción, del Instituto Eduardo Torroja, y que han sido recientemente publicadas en el boletín *Materiales de Construcción*.

(2) El calatón fue utilizado primeramente para un fin muy similar por R. V. Sneyers en Bruselas, en la fijación de restos de policromía sobre la piedra de una mastaba egipcia en 1965. Mucho más tarde en 1972 nosotros mismos también la hemos empleado con éxito en la fijación de la policromía de una escultura ibérica del siglo IV antes de J. C. (Informe ICOM-Conservación, Madrid, 1972), aunque debemos señalar que además de esta aplicación y fuera de proyecto, también le han aplicado gelatina, según lo preconizado por algunos restauradores españoles y a lo que nos oponemos.

(3) Las resinas de silicona son poco adecuadas para las rocas calcáreas y es bien conocido que, por ser permeables a los gases y vapores no suministran protección ni contra los gases contaminantes ni contra el vapor de agua los cuales las atraviesan con facilidad. Recientemente el doctor Jatón ha informado (UNESCO-RILEM, 1978) que tampoco suministran una protección contra los agentes microbiológicos de alteración de las rocas.

(4) Las sales de bario depositadas en el interior de los poros contribuyen también a la consolidación. La deposición de sulfato de bario en las piedras ha sido aplicada por E. V. Sayre (I. I. C., New York, conferencia 1970) a partir de la hidrólisis lenta de los monoésteres de bario y de estroncio como los etil sulfatos, que se disocian dando alcohol etílico y sulfato de bario. El profesor S. Z. Lewin, de la Universidad de Nueva York, viene estudiando la consolidación con sales de bario, que ya se aplicaba a mediados del siglo XIX en Inglaterra.

(5) Para la extracción de sales en aquellos objetos que no pueden ser sumergidos en agua, H. J. Plenderleith recomendó en su famoso libro la utilización de pasta de papel húmeda. Más tarde, R. V. Sneyers y P. de Henau, en el vol. XI de *Museos y Monumentos de la UNESCO* describieron los distintos procedimientos por inmersión

en agua, pulpa de papel, circulación forzada o, finalmente, de bloqueo en el interior de los poros mediante la impregnación con cera. Un estudio muy profundo de todos los parámetros implicados en los procesos de desalación, razonando primero los principios conectados con la naturaleza de los materiales, el agua, los distintos iones y todas las fuerzas que los relacionan, actuando sobre modelos teóricos ya nivel de experiencias de laboratorio, lo aportó H. Jedrzejewska durante la conferencia del I. I. C. en Nueva York en 1970. En 1972, P. Mora comunicó en ICOM-Conservación 1972, Madrid, la obtención de resultados buenos en la desalación de pinturas murales al fresco utilizando una pasta de finas partículas de arcilla atapulgita.

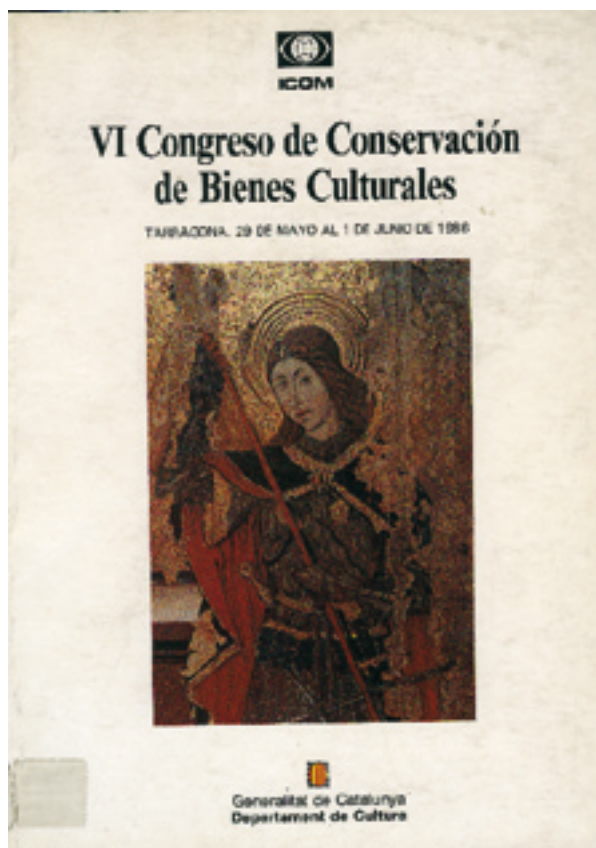
(6) Este tema viene siendo estudiado por los especialistas del color; para ellos no existe una auténtica modificación, pues no cambia el valor de la "longitud de onda dominante" necesario para definirlo. En el terreno práctico, E. M. Winkler (UNESCO-RILEM, París, 1978) ha propuesto un método fácil para analizar estas variaciones, por medidas comparativas con el fotómetro de una cámara fotográfica entre piedra tratada y no tratada, utilizando de referencia cartones grises Kodak y la escala Munsell.

(7) La bibliografía principal sobre el uso de los polímeros sintéticos, desde 1932 a 1974, ha sido recogida por De Witte y Goessens-Landrie (I.I.C. Abstracts, 13, 1-2, 1976). Nuestra experiencia es absolutamente satisfactoria con los polímeros acrílicos desde 1964.

(8) Uno de nuestros mejores ejemplos de conservación en ausencia de luz lo hemos encontrado en las pinturas de Altamira, en las que se conserva desde hace unos trece mil años un colorante orgánico violeta, junto con negro de carbón y resina de ámbar (ICOM-Conservación, Zagreb, 1978). Las láminas delgadas de piedra, bajo el microscopio, son opacas a partir de una décima de milímetro.

(9) Domalowski Y Lehemann, en UNESCO-RILEM, Centro per la Conservazione delle Sculture all'Aperto, Bolonia. 1971. Ver también a este respecto. Winkler y Clifton. UNESCO-RILEM, París, 1978.

### 3.4 Tratamiento para la conservación de la piedra en la catedral de León: La aguja de la Torre sur



#### INTRODUCCIÓN

Continuando con el programa general para la conservación de la piedra en la catedral de León, se ha procedido, tras los trabajos realizados en los dos pórticos -occidental y meridional- y en los pináculos, estribos y arbotantes del costado norte, al tratamiento de la aguja de la torre sur durante los meses de junio, julio y agosto de 1984.

Desde nuestro punto de vista, nos encontramos ante una actuación peculiar, que reúne unas características muy particulares por tratarse de una estructura aérea y lige-

ra, totalmente indefensa y muy expuesta a los mecanismos de alteración por su altura y calados, aislada casi por completo de una masa constructiva capaz de comunicar humedades, sales, etc., y que refleja por tanto un caso bastante puro de alteración de la piedra de Boñar por, la acción directa de los agentes atmosféricos.

Las características de la piedra y de las causas de su alteración han sido motivo de diversas publicaciones anteriores.<sup>1</sup>

La torre sur o del reloj, de 10 metros de lado y 68 de altura, fue construida en el siglo XV por el maestro flamenco Jusquín, a excepción del primer cuerpo que es del siglo XIII.<sup>2</sup> La aguja es de planta octogonal y desarrolla ocho caras en alturas formadas cada una de ellas por catorce placas caladas y dos nervaduras que se adornan en su exterior con trece volutas en forma de caracol invertido. Su base descansa directamente sobre los muros de la torre (Fig. 1).

La piedra se presenta muy fracturada en toda la superficie de la aguja, siendo frecuentes los desprendimientos de fragmentos considerables, sobre todo los días de lluvia y viento, con el consiguiente peligro para los peatones, motivo éste que nos ha llevado a actuar con la máxima rapidez.

Acusa una restauración importante llevada a cabo por el arquitecto Juan C. Torbado en 1940-44,<sup>3</sup> consistente en la sustitución de gran número de los elementos decorativos exteriores o volutas y en el parcheado con cemento de las zonas más fracturadas.

En el cuadro que presentamos a continuación quedan reflejadas las volutas que fueron repuestas y las que desaparecieron después de dicha restauración.<sup>4</sup>

NERVADURA DE VOLUTAS	VOLUTAS NUEVAS	VOLUTAS DESAPARECIDAS
1	6-8-9-12	1 1
2	1-6-12-13	3-11
3	1-3-4-7-8 10-11-12-13	2
4	1-4-5 6-7-13	-
5	2-3-4-5-6 7-10-11-12	8-13
6	TODAS	-
7	TODAS	-
8	1-3-4 5-6-11	10-13

Además de las abundantes fisuras producidas por el hielo y de las áreas disgregadas por las sales solubles, se puede observar que muchas de las fracturas se originan en zonas donde la piedra presenta antiguas ensambladuras con grapas de hierro, debido a la oxidación del mismo, lo que hace que este mecanismo de alteración deba ser considerado como el principal agente de producción de estallamientos importantes, y por tanto de desprendimientos de gruesos fragmentos de piedra.

Por el número de grapas que han quedado al descubierto al fragmentarse la piedra, podemos deducir que es muy posible que todas las placas refuercen sus uniones con este tipo de ensamblaje, aunque sería necesario realizar una serie de radiografías para determinar con certeza si todas ellas presentan este sistema de anclaje. Como nota curiosa cabe destacar que las grapas no aparecen

fijadas con plomo como es frecuente en esta época, sino que lo hacen con el mismo mortero de cal y arena que se empleó para el retacado de juntas.

## TRATAMIENTO

Para devolver a la aguja la fortaleza que con el paso del tiempo había ido perdiendo por causa de los mecanismos de alteración, principalmente los meteorológicos, se llevaron a cabo cinco operaciones fundamentales:

1.<sup>a</sup> Limpieza mecánica, en primer lugar, del polvo y suciedad acumulada con brochas y cepillos suaves, ayudándose con aspirador, y en segundo lugar, de líquenes con espátulas, bisturís y cepillos algo más fuertes, procurando en todo momento no dañar la piedra.

2.<sup>a</sup> Saneamiento de la piedra y de las juntas. Se eliminó toda la cascarilla superficial irrecuperable, que no ofrecía posibilidades de consolidación por haberse desprendido de su base y presentarse totalmente disgregada. Asimismo, se desmontaron todos los fragmentos de piedra que se encontraban a punto de desprenderse, volviéndose a colocar en su sitio pegados con un adhesivo epoxídico.<sup>5</sup>

De forma paralela, se procedió a sanear las juntas eliminando el mortero antiguo que estaba compuesto de cal y arena y se encontraba en avanzado estado de descomposición; sin embargo, las placas que conforman la aguja aparecían perfectamente encajadas, sin apreciarse en ellas ningún movimiento debido a que todas las juntas fueron retacadas con piedrecillas pequeñas, por lo que la estabilidad de la aguja es francamente buena.

El mortero eliminado se sustituyó por otro de cemento blanco con cal y arena.

3.<sup>a</sup> Eliminación de grietas. La piedra presentaba innumerable número de fisuras de todos los tamaños que se rellenaron con mortero de resina epoxy,<sup>6</sup> arena de sílice y caolín como espesante para que no descolgara. Cuando la grieta era muy profunda fue

necesario inyectar el mortero con jeringa para conseguir que ésta quedara completamente rellena.

A veces la piedra presentaba fracturas de gran tamaño que hacía necesario, además de su unión con un adhesivo, el reforzamiento con un anclaje de varilla de acero roscada, para lo que era necesario previamente realizar un taladro que afectara a las dos piezas que fuéramos a reforzar, y posteriormente introducir la varilla de acero de ocho milímetros de diámetro y, el mortero de resina, con lo que quedaría perfectamente fijada.

4.<sup>a</sup> Recrecido con mortero de resina y arena de sílice. En las áreas donde la piedra había perdido volumen debido a las numerosas fracturas o bien en las zonas donde se habían eliminado parches de cemento, se llevó a cabo un recrecido con el mortero de resina epoxy y arena de sílice del que ya hemos hablado. De esta manera conseguimos reforzar los puntos más débiles que podían comprometer la estabilidad de la placa a la que pertenecían.

- Las zonas de recrecimiento coincidieron casi siempre con la existencia de grapas de hierro, de ahí el que demos tanta importancia a este hecho como mecanismo de alteración, en este caso.

5.<sup>a</sup> Consolidación de la piedra de la aguja, tanto en su interior como en su exterior, mediante pulverizado de disolución de resina acrílica Sinocryl 9.122-X y disolvente White Spirit al 10 %. Ésta es una parte del proceso a la que dimos extraordinaria importancia, por lo que se hizo con sumo cuidado, procurando que todas las zonas quedaran, bien tratadas, ya que estamos convencidos de que el éxito

de este tratamiento depende en buena parte de una óptima aplicación del producto consolidante que a la larga es el que va a proteger a la aguja de los mecanismos de alteración. En el cuadro de la fig. 2 se esquematizan los procesos de refuerzo con varilla de acero roscada de 8 mm y recrecido con mortero de resina, concretando las zonas en que han sido aplicados con ayuda del esquema del despiece de la fig. 1.

#### ESQUEMA DEL DESPIECE Y MARCAS DE CANTERO

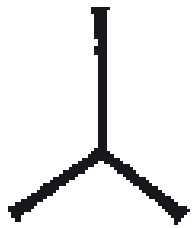
Hemos medido cada una de las piezas que componen la aguja, señalando el correspondiente despiece de forma esquemática en la fig. 1. En todas las caras de la aguja, las distintas placas se repiten con las mismas medidas y el mismo despiece, con la sola excepción de que en la placa 1, el calado superior del elemento central presenta un travesaño en las caras 2, 4, 6 y 8, mientras que en las cuatro restantes no existe.

Las marcas de cantero localizadas en la aguja han sido 35, aunque pudo haber más que han desaparecido por efecto de la erosión; de éstas, sólo 3 se encuentran en la superficie exterior (volutas 7,8 y 12 de la nervadura 2); las 32 restantes están en el interior, apreciándose que sólo una se encuentra en una placa (cara 7, placa 12), 25 en las nervaduras y 6 en los sillares de la base.

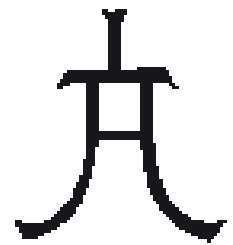
A continuación se reflejan todas las marcas encontradas y su localización en el esquema del despiece de la fig. 1. ■



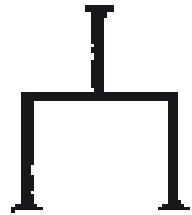
Nervadura 5 - 11.  
" 7-13.  
" 8-13.  
" 8 - 14.



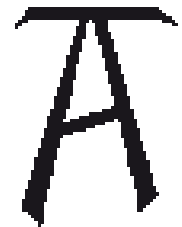
Nervadura 8 - 33.  
" 4-9.



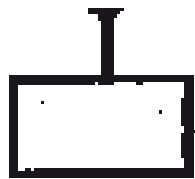
Nervadura 2 - 7.  
" 2 - 9.  
Cara 1 - Sillar 1.



Nervadura 1 - 11.  
" 2 - Voluta 7. Ext.  
" 2 - " 8. "  
" 2 - " 12. "



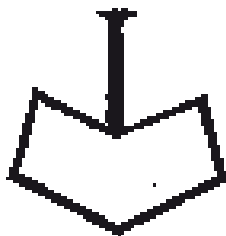
Nervadura 1 - 29



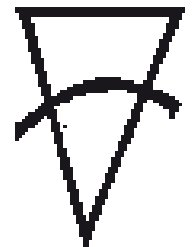
Nervadura 4 - 19.  
" 4-21.  
" 8-7.  
Cara 6 - Sillar 1.  
" 8- " 1.



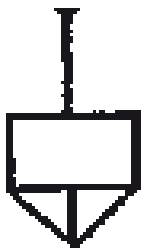
Cara 7 - Sillar 2.



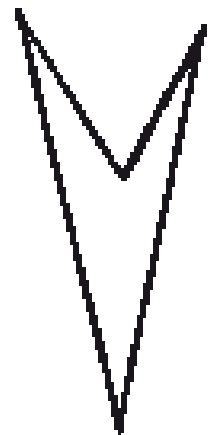
Nervadura 2 - 27.



Nervadura 6 - 11.



Nervadura 5 - 9.  
" 5-11.  
Cara 5 - Sillar 1.  
Nervadura 6 - 5.



Nervadura 4 - 21.



Cara 7 - Placa 12.

Nervadura 7 - 25.  
Cara 8 - Sillar 1.  
Nervadura 8 - 3.  
" 8 - 16.  
" 8 - 19.  
" 8 - 22.  
" 8 - 24.

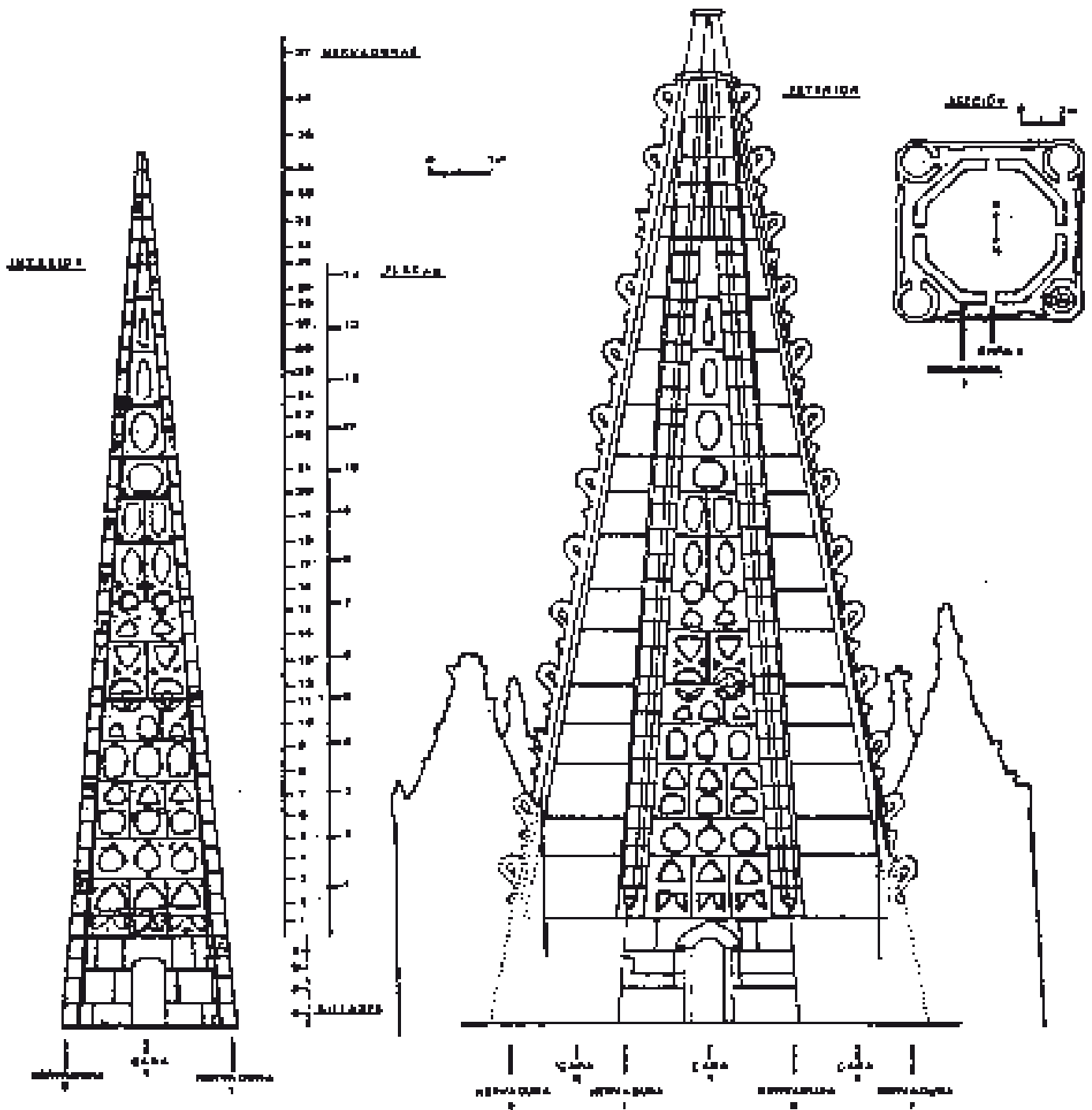


Fig. 1. Esquema del despiece. Las caras y nervaduras se identifican mediante numeración correlativa del 1 al 8. En vertical las placas se numeran del 1 al 14, los sillares de nervaduras del 1 al 37 y los sillares del basamento del 1 a 14. Con estas referencias para las caras interior y exterior de la aguja, se pueden localizar con precisión las reparaciones, marcas de cantero, elementos decorativos externos faltantes, etc., a que se alude en el texto.

REFUERZOS CON VARILLAS DE ACERO ROSCADAS			RECRECIDOS CON MORTERO DE RESINA EPOXY		
N.º CARA	N.º PLACA	N.º VARILLAS	N.º CARA	N.º PLACA	
1	6	1	1	5	INTERIOR
	7	1		6	«
	10	2		8	«
2	4	2	2	3	«
	7	1		8	«
3	6	1	6	5	«
	7	1		6	«
	8	1		8	«
	10	1			
4	5	1	7	8	«
	6	1	8	4	«
	7	1		6	«
	8	2	2	2	EXTERIOR
	9	1		7	«
5	5	2	3	4	«
	7	1		5	«
	8	2	6	7	«
	10	3		6	«
	11	1	7	6	«
	12	1		7	«
6	7	3	8	2	«
	8	2		3	«
	10	2			
7	10	1			
8	6	1			
	10	1			

Fig. 2. Esquemas de los procesos de refuerzo con varilla de acero y recrecido con mortero de resina epoxy.

## NOTAS

1. Cabrera, J .M. "Catedral de León: Sobre algunas particularidades tecnológicas en la conservación de la escultura lítica exenta". 11 Congreso de Conservación de Bienes Culturales, págs. 157-169, Teruel, 1978. Cabrera, J.M. "Causas de alteración y métodos de conservación aplicables a los monumentos hechos con piedra". Materiales de Construcción, núm. 174, págs. 689-55-92, C.S.LC., Madrid, 1979. Esbert, R.M., Ordaz, J., Alonso, E.J., Alba, J.M. "Petrographic and physical study ofthe building stones from Leon Cathedral (Spain). The Conservation of Stone, 11. Págs. 285-298, Bologna, 1981.
2. Gómez Moreno, M. "Catálogo Monumental de la Provincia de León". Págs. 229-320, León, 1979.
3. En la nervadura ocho exterior, volutas uno y tres,

aparecen tres inscripciones que dan fe de dicha restauración: "Restaurado año 1940-44/cantero Graciano Laborda". "Maestro Antonio Seco". "Arquitecto director D. Juan C. Torbado".

4. Cada una de las ocho nervaduras tiene trece volutas que hemos numerado del uno al trece y de abajo hacia arriba Por no coincidir con el despiece que se presenta en el esquema de la fig. I. .

5. Adhesivo epoxy a base de Araldit de dos componentes: resina y endurecedor, con gel de sílice como espesante y pigmento igual al color de la piedra, comercializado con el nombre de Fetadit AD 101. 6. Resina epóxy a base de Araldit de viscosidad media y endurecedor de poliamina sin modificar por diluyente, comercializada con el nombre de Fetadit AN 24.

### 3.5 Anteproyecto de Restauración Interior de la cúpula de la Basílica de Loyola: reflexiones en torno a la imagen. El color. La luz.



#### LA PINTURA DE LOYOLA

Los Restauradores de la Empresa C.PA S.L. efectuaron pruebas de limpieza sobre el color blanquizco<sup>1</sup> de la cúpula, a finales del mes de enero de 1998, por encargo del Servicio de Arquitectura de la Diputación Foral de Gipuzkoa. En su informe<sup>2</sup> nos dicen que "también en la cúpula nos llama la atención la fluorescencia de la capa de preparación de la pintura. En las zonas de pérdida de la policromía, ha dado un resultado inequívoco bajo la luz ultravioleta. Por ello suponemos que en ella se incluye el blanco de litopón, muy utilizado en la época para estos usos".

Los análisis químicos, encargados también por el Servicio de Arquitectura a la Universidad Alfonso X El Sabio en Madrid<sup>3</sup>, nos expli-

can que la pintura original sobre la piedra arenisca se compone de una preparación de calcita molida con 1: 10 de arena de cuarzo fino y aglutinante de cola animal, sobre la que se pinta al óleo con aceite de lino y colores muy claros, cercanos al blanco, empleando Blanco de Plomo ligeramente teñido con pequeñas cantidades de otros pigmentos. La repolicromía del Siglo XIX se forma siempre con una capa de Blanco de Plomo mezclado con cantidades muy importantes de Blanco de Zinc y Bario, aglutinados también con linaza.

El microanálisis estratigráfico realizado inicialmente, en etapas previas de estudio de la cúpula mostró la existencia del repinte del siglo XIX que más tarde quedaría documentado con datos de archivo. Señalamos los diferentes estratos de pintura blanquizca que aparecen sobre la piedra arenisca, y cuya composición es la siguiente:

Estrato Nº. 1. PREPARACION. Temple de cola animal, con Carbonato Calcico y un poco de arena de cuarzo.

Estrato Nº. 2 . IMPRIMACION. óleo-barniz, con Blanco de Plomo, Carbonato Calcico y Carbón. La superficie está impregnada de aceite de linaza, mostrándose más translúcida.

Estrato Nº 3 . PINTURA. Aceite de lino, con Blanco de Plomo y Carbonato Cálxico a partes iguales.

Estrato Nº. 4 . REPINTE del Siglo XIX.

A la vista de los datos analíticos que poseemos, la pintura de Loyola se identifica como "pintura al aceite para interiores"<sup>4</sup>, siendo el vehículo principal la esencia y usándose el aceite de lino como fijativo. De esta manera, se tiende a evitar el brillo propio del aceite que resulta molesto y perjudicial a la vista, disminuyendo también al mismo tiempo el amarilleamiento de los tonos blanquizcos y la retención del polvo y suciedad atmosféricos.

La luminiscencia observada se localiza en el estrato No. 2. Es de matiz blanco lechoso y permanece después de apagar la lámpara, por lo que hemos de denominarla Fosforescencia.

La pregunta que nos hemos formulado es si esa fosforescencia pudo ser una función buscada intencionadamente por los artistas construyendo en ese estrato un fondo que imprima su carácter, (no exclusivamente cromático o de reflexión de la luz) al decorado pictórico.

## LA FOSFORESCENCIA

El Sulfuro de Calcio es la sustancia fosforescente que se conoce desde más antiguo y que se puede obtener sin mayores dificultades. Basta mezclar la Calcita o el Yeso (2 partes) con Carbón o con Azufre (1 parte) y calentar, suavemente al principio y luego con mayor intensidad hasta que la masa tome un color blanquizo. Ambas reacciones son elementales, su práctica muy antigua y, en principio, constituyen los dos procedimientos con razón llamados clásicos, para obtener el Sulfuro de Calcio fosforescente.

Para hacer pintura fosforescente, la elección del aglutinante es asunto delicado y muy difícil. Como el Sulfuro de Calcio se hidroliza con el agua, debe protegerse de la humedad por una película de aglutinante. Además, los aceites fácilmente enranciables, por su acidez destruyen también el efecto luminoso. También han de ser transparentes a los Rayos Ultravioleta que son el "activador" principal de la luminiscencia escitada por la luz o "fotoluminiscencia". Todas estas razones hacen que la elaboración de estos aglutinantes sea un proceso delicadísimo, de gran interés sin duda para la historia de la cultura.

### NOTA

Algunas referencias de carácter general, podrían ayudarnos a centrar un poco más este tema.

Se dice que, hacia el año mil el emperador de China tenía un cuadro en el que cada noche aparecía pintado un buey, teniéndose este ejemplo por el primero de una pintura capaz de "almacenar" la luz del día para restituirla más tarde.

El "agua divina" que aparece ya en los papiros de Leyde, significaba una solución de Sulfuro de Calcio. Los alquimistas griegos la emplearon junto con otros polisulfuros para colorear metales y, con el nombre de "agua sulfúrea" y "agua de azufre" aparece entre los alquimistas latinos del siglo XIV. Al Sulfuro de Calcio se le ha llamado también "fósforo de Cantón" y "hígado de azufre calcáreo".

En 1602, Vincencio Casciarolo, zapatero y alquimista de Bolonia al calentar con Carbón el espato pesado (Sulfato de Bario), obtuvo una sustancia que emitía intensamente una luz dorada después de ser expuesta al sol. Esta "piedra de Bolonia", llamada poco después "lápiz solaris" por Scipio Bagatello, y descrita en 1622 en la *Pharmacopoea spagyrica*, alcanzó gran éxito bajo los nombres de "piedra de luna", "esponja de luz", "lucifer" y "fósforo" de donde viene la palabra fosforescencia que designa esta propiedad que poseen ciertos cuerpos de emitir luz después de haber estado iluminados. Los pigmentos modernos en el repinte de la cúpula, especialmente el Sulfuro de Zinc, podría también ser luminiscente en determinadas circunstancias.

Goethe, en sus investigaciones sobre la luz y el color, proyectó sobre una piedra de Bolonia luces de diferentes colores, demostrando así que el azul excitaba la fosforescencia en mayor grado, mientras que el rojo era incapaz de hacerlo. Entre las muchas sustancias fosforescentes conocidas y valoradas desde la antigüedad, cabe destacar el ámbar, espato fluor, diamante, cuarzo, rubí, azúcar, mármoles simples y tumaquelas, yeso, etc.

La excitación de la luminiscencia puede realizarse de diferentes formas: 1) por frotamiento (triboluminiscencia) y aparece claramente al

frotar dos terrones de azúcar, de mármol, cuarzo ó micas. 2) con calor (termoluminiscencia) y se aprecia en los diamantes, en algunos topacios y en la fluorita, simplemente con el calor suave de las manos. El espato fluor, del que deriva el término fluorescencia, fue una de las materias utilizadas para fabricar los vasos murrhinos utilizados en Roma para las bebidas calientes y que Plinio (37, 18 al 22) nos dice que alcanzaron tales precios que Nerón llegó a pagar un millón de sestercios por una sola copa. 3) por reacciones químicas (quimioluminiscencia) como sucede con el Fósforo y las sustancias que lo contienen como por ejemplo, las fosforitas, los huesos de animales. la orina, etc. 4) por procesos biológicos (bioluminiscencia) apreciable en las luciérnagas, las bacterias luminosas que permitieron a R. Dubois iluminar una habitación como en una noche de luna llena, o los dátiles marinos, de los que dice Plinio (9, 61) "Esles propio lucir en la oscuridad y sin lumbre, con natural resplandor que tienen". Y otros procedimientos como la radioluminiscencia, etc. La Plata al solidificarse es también luminiscente y la luz debida a los gases incandescentes es luminiscencia pagándose desde muy antiguo, por su belleza, la del fuego alimentado con aceite de oliva.

En algunos mármoles, el efecto de la fosforescencia inducida por la luz solar puede durar bastante. A. de Narsy (La Nature 1901-

lpag.412) ha fotografiado la Venus de Milo en la total oscuridad de una cámara en la que permanecía la estatua 18 meses después de haber recibido la luz del día. Plinio dice (36, 32) que los guardianes del Templo de Diana, en Efeso, recomiendan ".. tener cuidado con la vista" a quienes contemplan el Hércules de Menóstrato, "..Tan grande es el resplandor del mármol".

En el Templo de la Fortuna del domus áurea de Nerón recubierto con una variedad de mármol de Capadocia denominada piedra phengites. Plinio (36, 163) dice que ".. Esta es la razón por la que teniendo las puertas cerradas, había durante el día en su interior una claridad como si fuese de día, distinta de la claridad de las piedras especulares porque en este templo la luz parece estar encerrada, no transmitida desde el exterior.." (tanquam inclusa luce, non transmissa).

En nuestro tiempo, inundados de contaminación lumínica y de certezas científicas sobre la reflexión de la luz, contra lo admitido en otro tiempo cuando se suponía que los cuerpos emiten luz, resulta difícil imaginar que la débil fosforescencia pueda haber animado una cúpula de piedra con vocación de tela, pintada para dar a la escena la apariencia de la luz y el ambiente del interior de una tienda de campaña. ■

## NOTAS

1. Denominación frecuentemente utilizada para matices en blanco:
  - Fernando José de Echevarría, "Descripción... de Loyola", Tolosa 1851.. págs. 42 y 43.
  - José Cuchy "Manual del pintor decorador" Gallach. CALPE. Barcelona 1923. pág. 82.
2. Conservación del Patrimonio Artístico S.L. "Basílica de Loiola: Pruebas de limpieza y catas de exploración en la cúpula", Burgos. Febrero de 1998. Pág 4.
3. Universidad Alfonso X El Sabio. "Análisis químico y petrológico de los materiales constitutivos del interior de la Basílica de Loiola (Tambor y Cúpula). Madrid.

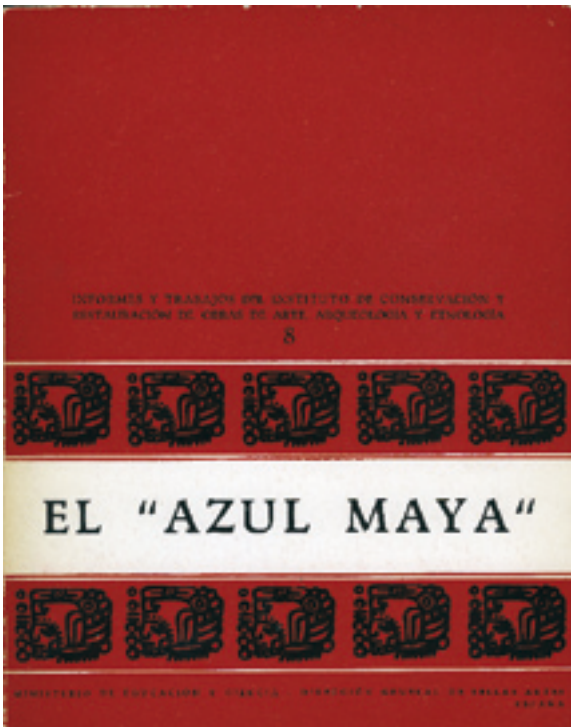
17-3-1998. pág. 14.

4. La expresión "pintura al óleo" se reserva más bien para los cuadros; en la pintura decorativa se suele decir "pintura de aceite". La esencia, normalmente de trementina, es una resina destilada que representa un importantísimo papel en la pintura tan importante como el aceite de lino con el cual se mezcla empleándose para pinturas mates. Ver a este respecto entre otros:

Jesús de Federico. "Pintura Industrial: la industria de la decoración al alcance de todos". Editorial Ibérica. Madrid 1923 Págs 39-44.

## 4.1 El “azul maya”

### Sobre el colorante orgánico y la técnica de fabricación del pigmento



#### PRESENTACIÓN

Se recoge en este número de “Informes y Trabajos del I. C. C. R.” el resultado de una serie de investigaciones sobre el famoso pigmento azul de los Mayas, llevadas a cabo en los Laboratorios del Instituto por el Jefe del Departamento José María Cabrera Garrido, y no dudamos que este trabajo será recibido con interés en los medios científicos en donde el secreto, hasta ahora oculto, de la razón de ser de su color, es tema de trabajo para muchos investigadores de todo el mundo desde que, en el año 1931, Merwin llamó la atención acerca de la gran estabilidad del pigmento azul empleado en las pinturas murales del sitio arqueológico de Chichén Itzá en Yucatán.

Desde entonces han sido muchas las aportaciones que se han hecho sobre este tema, debiéndose a Gettens, en 1955, la conclusión de que el Azul Maya es un pigmento que tiene como base mineral la arcilla blanca Atapulgita, conclusión ciertamente importante a pesar de que quedaban aún muchas incógnitas por resolver relacionadas con la razón de ser del color, la forma de fabricación del pigmento, la manera de utilizarle, etc...

Después de la importante conclusión de Gettens, siguieron las investigaciones sin avances apreciables y sólo adquirieron un impulso grande a partir de la misión UNESCO realizada el año 1964 en México por Paul Coremans, quien tan especiales pruebas de afecto por nuestro Instituto quiso darnos. En ella estudió los templos de Bonampak ocupándose marginalmente del Azul Maya, pero dio lugar a que se iniciara un serio programa de investigación sobre este tema.

En 1967, Kleber, Masschelein-Kleiner y Thissen, de IRP A de Bruselas, quisieron dar forma concluyente a la hipótesis, años antes sugerida por Gettens y experimentada por van Olphen, de que el Azul Maya es un complejo de Atapulgita e Indigo, basándose, en datos analíticos cuyo examen detenido hace difícil el que se puedan aceptar sus conclusiones.

En este estado de la cuestión, Cabrera, animado por Coremans y estimulado por los estudios y observaciones en los monumentos de México con ocasión de las reiteradas estancias que ha realizado allí como experto consultor de la UNESCO en el Centro Internacional de Estudios para la Conservación de Bienes Culturales, se planteó las principales incógnitas existentes en torno al Azul Maya y trazó un programa de trabajo que le ha llevado a conclusiones sumamente interesantes.



En su hipótesis de trabajo, parte Cabrera del hecho cierto de que los indios utilizaban mucho el azul y acepta como más probable la opinión de investigadores anteriores que creen que en la composición del Azul Maya entra un colorante orgánico como elemento fundamental del color, frente a los que defienden que el color es debido a la presencia de iones metálicos cromóforos. Así planteado el problema, el autor ha comenzado por realizar un estudio directo de las fuentes que podían suministrar alguna luz, consultando las relaciones de escritores y viajeros del siglo XVI, visitando los principales monumentos de los indios en Guatemala y México en donde se encuentra Azul Maya, e investigando las costumbres de los actuales descendientes de los Mayas relacionadas con el tema objeto de su trabajo, estudio que le ha llevado en primer lugar a establecer la distribución geográfica y la extensión cronológica del uso del Azul Maya, el cual ha podido comprobar que no sólo está situado en la región y en la época de los Mayas sino que se extiende a toda la zona que va desde Guatemala al norte de México y, cronológicamente, le sitúa en un tiempo que va desde el siglo 1 después de J. C. hasta nuestros días, habiéndose comprobado su uso por artistas europeos que trabajaron en América Central en los siglos XVI y XVII.

Después del estudio de las fuentes literarias y monumentales, acometió Cabrera la investigación de laboratorio basándose en tres muestras especialmente significativas, una que fue encontrada en Tlatelolco junto a unos "incensarios" de cerámica policromada, otra procedente de una esterilla de pigmento que se encontró en el "pozo de los sacrificios" de Chichén Itzá en Yucatán, la tercera es una cuenta de collar, de procedencia desconocida, fabricada con el pigmento azul. Cada una de estas muestras fue causa de sugerencias e ideas encaminadas a la solución del problema, de las cuales Cabrera informa pormenorizadamente a lo largo de su trabajo así como

de la puesta a punto de las técnicas utilizadas en su investigación, las cuales le han hecho tocar de pasada otros problemas de interés como el que se refiere al pigmento azul empleado por los indios Seri de Sonora, cuya naturaleza ha podido también aclarar al tiempo que ha demostrado que no tiene relación con el Azul Maya pues, aunque se trata igualmente de una arcilla teñida con un colorante azul orgánico, la arcilla y el colorante son de distinta naturaleza que los utilizados para la fabricación del Azul Maya.

Punto fundamental del trabajo de Cabrera es el estudio que hace de las dos posibilidades más importantes que pudieran haber concurrido en la fabricación del pigmento, los Azules y el Añil, y de cómo se pudo conseguir el Azul Maya a partir de plantas indigoferas que existen en la región, para lo cual ha llevado a cabo una serie de experiencias considerando en ellas todos los demás componentes que le integran, a cuyo conocimiento ha llegado a través de las referencias literarias, de las observaciones personales y de los análisis y razonamientos rigurosamente científicos que se ha planteado a lo largo de su trabajo, siendo de notar la hipótesis que señala sobre la técnica de fabricación empleada por los indios, la cual pudo estar relacionada con determinadas costumbres rituales.

Concluye Cabrera su importante aportación estableciendo un esquema analítico para determinar todos los componentes del Azul Maya, entre los que figuran como elementos fundamentales la Atapulgita, el Añil y el calor, considerándose el Copal y la tierra de diatomeas como elementos secundarios, cuya presencia, en todas las muestras estudiadas, ha sido comprobada.

Con este trabajo que hoy ofrece el I. C. C. R. al mundo científico, creemos quedan aclarados los principales problemas que había planteados en torno a la naturaleza del Azul Maya, el proceso de su fabricación y a su



Fig. 1. Detalle de las pinturas murales del Templo de Bonampak. Chiapas. México.

expansión cronológica y geográfica, apuntándose además la especial significación que debió tener desde el ángulo religiosocultural, abriéndose con ello una serie de nuevas posibilidades de estudio en el atrayente campo del, hasta ahora, misterioso pigmento azul de los Mayas.

Desde el punto de vista práctico, las conclusiones de Cabrera pueden tener importantes aplicaciones. Es de sobra conocido el problema que la inestabilidad de los colores azules ha planteado a los pintores de todos los tiempos. Partiendo del hecho de que el Azul Maya es el más estable de los pigmentos azules conocidos, su utilización puede tener consecuencias insospechables y, como anticipo de ellas, en el I. C. C. R. se abriga el proyecto de fabricar Azul Maya en cantidades experimentales para utilizarle en trabajos de Restauración, puesto que puede afirmarse que reúne todas las condiciones exigidas a los materiales que se usan en el tratamiento de las obras de arte y supone por sí mismo un elemento de diferenciación suplementario para que, en el futuro y en caso de necesidad, se pueda fechar con seguridad el momento en que la restauración se ha realizado. Las consecuencias de estos ensayos pueden llevamos

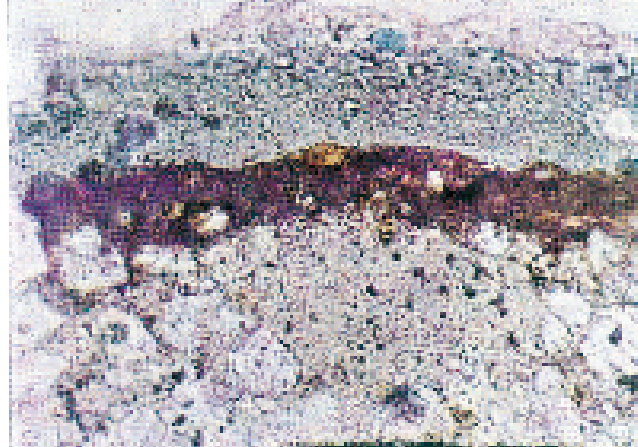


Fig. 2 LQ/300. 500 x I.C.C.R. Madrid. Lámina delgada. Luz transmitida. Eltachorme. "Pintura mural. Templo de los Guerreros". Chichén Itzá. Yucatán.

a resultados importantes y a su comprobación se dedicarán parte de los esfuerzos del I. C. C. R., a los cuales sería deseable se unieran los de otros especialistas y centros de investigación interesados en el mismo problema, a fin de llegar a solucionar la serie de cuestiones que hay planteadas en torno a él.

GRATINIANO NIETO GALLO  
Director del I. C. C. R.

## 1. INTRODUCCIÓN

Son muchos los misterios que encierra la civilización Maya pero tenemos por muy seguro que gran parte de sus actividades giraban en torno a sus dioses desarrollándose todo un culto del que salieron numerosas manifestaciones culturales tales como templos, palacios y una ornamentación abundante entre la que tiene preponderancia la pintura y muy especialmente el color azul. La calidad estilística y técnica de la pintura maya merece un lugar de distinción en la Historia del Arte<sup>1</sup> (ver fig. 1) y no nos sorprende el constatar que la calidad de los materiales de pintura empleados es causa de admiración para cuantos científicos se interesan, tanto por la documentación material de las obras policromadas, como por penetrar en los secretos de la tecnología antigua..

Fue H. E. Merwin<sup>2</sup> quien en 1931 reveló que el bonito color azul de las pinturas murales de Chichén Itzá (ver fig. 2) poseía características

bastante especiales de solidez y años más tarde, Gettens,<sup>3</sup> al estudiar el pigmento en el laboratorio revela que no se parece a ninguno de los pigmentos conocidos y lo denomina "Azul Maya" caracterizándolo principalmente por su extraordinaria resistencia a los ácidos clorhídrico, nítrico, acético y al amoníaco que no lo atacan ni siquiera concentrados y a ebullición, resistiendo además temperaturas de hasta 250-300° c.; la identificación completa del pigmento, su técnica de fabricación y de utilización en la pintura, son incógnitas que apasionan a muchos científicos de todo el mundo, algunos de los cuales han ido dejando constancia de sus investigaciones mediante escritos, que, como el nuestro, pretenden señalar con objetividad unos resultados que ayuden en investigaciones futuras.

## 2. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

De los numerosos estudios realizados hasta la fecha sobre la naturaleza de este pigmento, se deduce sin dificultad que se trata de un complejo arcilla colorante orgánico. La base mineral fue establecida con suficiente exactitud en 1962 por R. J. Gettens<sup>4</sup> identificándola como Atapulgita, dato que ha sido siempre confirmado por quienes se interesan en el estudio de este pigmento.

En cuanto a la identificación del colorante orgánico y la técnica de fabricación que empleaban los indígenas la situación nos parece bastante diferente, pues los datos reseñados en las publicaciones aparecidas hasta la fecha no nos resultan suficientemente demostrativos. Es nuestra intención enfocar el tema bajo un punto de vista nuevo con el fin de que no se cierre a la investigación esta incógnita de la tecnología antigua que creemos puede ser importante para un mejor conocimiento de las civilizaciones precortesianas.

En 1962 A. O. Sheppard y H. B. Gottlieb<sup>5</sup> dicen haber identificado trazas de Indigo Y hacen pruebas de reconstrucción del pigmento sin alcanzar un grado de estabilidad

satisfactorio; las pruebas realizadas con el campeche y alumina tampoco suministran resultados convincentes.

Más tarde, en 1964, M. Beck Moser y H. Wesley Peírce<sup>6</sup> estudian la técnica de fabricación de un pigmento azul que los indios Seri de Sonora utilizan en la actualidad para decorarse el rostro y que se produce al macerar en medio acuoso una arcilla montmorillonítica con resina del "Guaiacum coulteri", agregando a la mezcla una pulpa obtenida por maceración de la raíz de "Franseria dumosa". Los autores señalan que de las pruebas realizadas en el laboratorio se deduce que la raíz de "Franseria dumosa" no es esencial para la obtención del pigmento azul y no precisan sobre la naturaleza química del colorante azul desarrollado. Las distintas tonalidades de azul que pueden obtenerse, así como el hecho de que puedan producirse con Atapulgita y que existan especies de Guaiacum desde Sonora a Yucatán, hace que los autores sugieran una posible relación con el Azul Maya indicando también que el Azul Seri no participa de las características de estabilidad propias del pigmento que nos ocupa.

Es en 1966 cuando H. van Olphen<sup>7</sup> sintetiza un pigmento azul de características muy próximas al "Azul Maya", empleando índigo y Atapulgita y calentando la mezcla entre 75 y 150° C. durante varios días.

El mismo principio de fabricación, basado en un estudio científico profundo del pigmento original, ha sido perfeccionado y publicado en 1967 por Kleber, R., Masschelein-Kleiner, L., y Thissen, J.<sup>8</sup> bajo el título "Estudio e identificación del Azul Maya", llegando a la conclusión de que se trata de un complejo Atapulgita-índigo. El purismo científico en la metodología de este trabajo y el enorme interés de los datos en él recogidos, nos han obligado a tomarlo como base de nuestro programa de investigación lo que inevitablemente hace que debamos valorar la dimensión de determinadas respuestas ana-

líticas y su proyección en los resultados finales. Las numerosas pruebas microquímicas realizadas se han revelado negativas en cuanto a la identificación del índigo en las muestras estudiadas y, las extracciones prolongadas con disolventes orgánicos, ensayos con reductores, tratamientos con amoníaco, ácido fórmico, ácido acético y ácido nítrico, incluso concentrados y a ebullición dicen no tener efecto; <sup>9</sup> los análisis por difracción de R. X. no permiten la identificación del índigo y la espectrografía de absorción I. R. sólo permite la identificación de cuatro bandas situadas entre 1300 y 1500  $\text{cm}^{-1}$ , que se corresponden con las del índigo, siendo su caracterización extremadamente difícil; se ha podido obtener en el laboratorio un pigmento de características semejantes con Atapulgita-índigo, calentando la mezcla a 190° C, luego lavando y decantando repetidas veces para eliminar el exceso de colorante cuya proporción final es de 1,5 % aproximadamente.

En la figura 3, se reproduce el detalle, de un espectro publicado por R. Kleber, L. Masschelein- Kleiner y J. Thissen, mostrando la similitud existente, en esa zona del espectro, entre el "Azul Maya" y el pigmento obtenido en el laboratorio con Atapulgita e índigo. Es ésta, sin duda, la prueba de mayor peso que los autores utilizan para asegurar la presencia de índigo, y si bien parecen haber superado las dificultades debidas a la pequeña concentración del colorante, la caracterización de estas bandas presenta muchas dificultades por estar el resto del espectro encubierto por la arcilla y, los autores en la pág. 48 de su estudio, sólo pueden señalar las posibilidades siguientes:

- II. 1485 (m)  $\nu$  (C=C), ó, (C=N) cíclicos, ó,  $\gamma$  (N-H)?
- III. 1460 (F)  $\nu$  ídem?
- IV. 1380 (f)  $\nu$  ídem?
- V. 1305 (f)  $\nu$  (C-N)? 1290 (f)

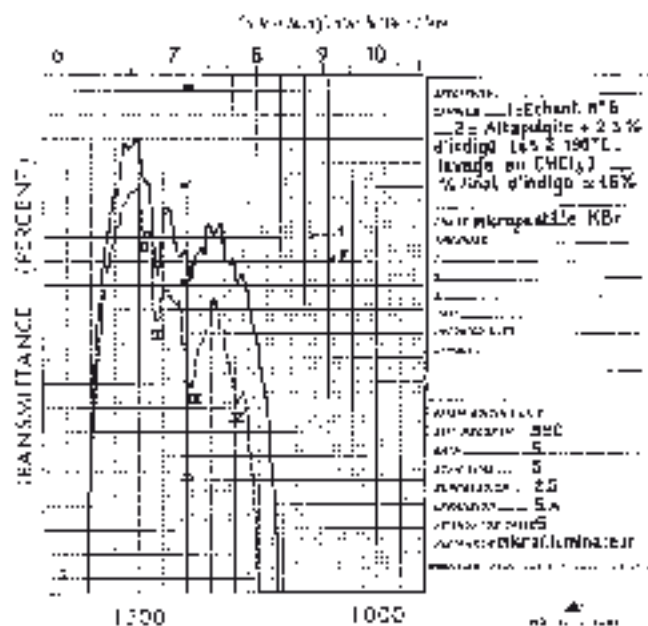


Fig. 3 Detalle del espectro de absorción I.R. publicado por R. Kleber, L. Masschelein-Kleiner y J. Thissen, en la pág. 51,

Debemos señalar que en esta zona se suelen producir las vibraciones del conjunto de la molécula que originan gran cantidad de bandas, buena ayuda para el estudio de la estructura molecular cuando van acompañadas, en el espectro, de otras bandas situadas en zonas de mayor especificidad.

### 3. EXAMEN DE LABORATORIO

#### a). Ejemplos de utilización del pigmento.

De los estudios que hemos realizado en obras policromadas con cronología aceptada se deduce con claridad que el pigmento denominado Azul Maya fue utilizado por muchas de las civilizaciones precortesianas desde Guatemala <sup>9bis</sup> hasta la meseta central de Méjico (Tlatelolco) y Veracruz (Vega de Alatorre), Malinalco, etc..., lo que demuestra una tradición técnica transmitida con toda pureza durante muchos siglos y muchas culturas a toda la extensión de una geografía muy amplia; este pigmento fue entonces emplea-

do no sólo en pintura mural sino también en la decoración de cerámicas, iluminación de códices, elaboración de cuentas de collar perforadas, decoración de pastillas de copal y otras ofrendas como las que proceden del Cenote Sagrado de Chichén Itzá, etc...; los datos de los cronistas <sup>10</sup> y las grandes superficies que con este pigmento fueron decoradas y aún se conservan sobre todo en la región Maya, nos indican que, excepto en unos raros casos en que resulta probado el empleo de la azurita (Teotihuacan), el pigmento azul es generalmente el misterioso Azul Maya.

Los ejemplos de la utilización del pigmento se encuentran también inmediatamente antes de la Conquista y por la cantidad y la calidad de las decoraciones azules merecen distinción los incensarios policromados de Mayapán y Tlatelolco.

Con la colonización española, el pintor indígena adopta desde luego la forma impuesta por el arte europeo, pero cabe esperar que siguiera usando durante algún tiempo los procedimientos y materiales propios de su tradición y así vemos como el Azul Maya<sup>11</sup>, es el pigmento azul empleado por Juan Gerson en las pinturas sobre papel de amate que fueron adosadas a los plementos de la bóveda del sotocoro del Convento de Tecamachalco en el Estado de Puebla; las 28 pinturas, que representan escenas bíblicas con un estilo claramente influenciado por la pintura flamenca e italiana, pueden fecharse anteriores a 1562 pues consta que allí se colocaron en esta fecha <sup>11</sup> según se deduce de los "Anales de Tecamachalco" que abarcan desde 1398 hasta 1590, publicados por Antonio Peñafiel en 1903.

En la pintura colonial mexicana de la primera época, y en un artista flamenco, Simón Pereyng, los análisis químicos indican también la presencia de Azul Maya en las pinturas del retablo del Convento Agustino de San Andrés de Epazoyucan en el Estado de Hidalgo, México, y con fecha mucho más posterior,

también encontramos el mismo pigmento en los repintes policromos sobre la grisalla original de las pinturas murales del claustro bajo, arriba de los testeros y nichos, del mismo convento.<sup>12</sup>

Las investigaciones efectuadas por Gettens en 1957 (4) sobre un pigmento de fabricación moderna traído hace años por A. E. Austin de la localidad yucateca de Tekax, demuestran que el "Azul de Tekax" y el "Azul Maya" son esencialmente idénticos, lo que hace que el autor se pregunte si el Azul de Tekax es Azul Maya de origen moderno.

El objetivo de nuestra investigación hubiera sido actualmente inalcanzable si sólo dispusiéramos de las micromuestras que, con ciertas reservas, pueden tomarse en obras antiguas de tan grande dimensión cultural. Los 20 miligramos que aproximadamente hemos consumido con nuestros análisis, proceden de tres muestras, que fueron descubiertas en exploraciones arqueológicas, sin haber sido utilizadas en pintura y se conservan en su mayor parte en los laboratorios del Centro de Estudios para la Conservación de Bienes Culturales "Paul Coremans" en México D. F. Una de estas muestras (Fig. 4B) procede de una bolita de pigmento que se sacó del fondo del "Pozo de los Sacrificios" o "Cenote Sagrado" de Chichén Itzá en Yucatán, pigmento que se ha conservado por lo tanto bajo el agua; otra muestra que apareció durante las excavaciones de Tlatelolco, dentro de la ciudad de México, consiste en una porción de pigmento, también sin utilizar, (Fig. 4-A) y la tercera muestra está constituida por unas cuentas de collar perforadas de procedencia desconocida fabricadas con el pigmento (Fig. 4-C). Estas muestras con características tan particulares, unido al estudio de los elementos que las acompañan y a los datos documentales y científicos que poseemos, son la base de nuestro programa de trabajo.

Como puede apreciarse en la Fig. 4 y también en algunas de las pinturas antiguas

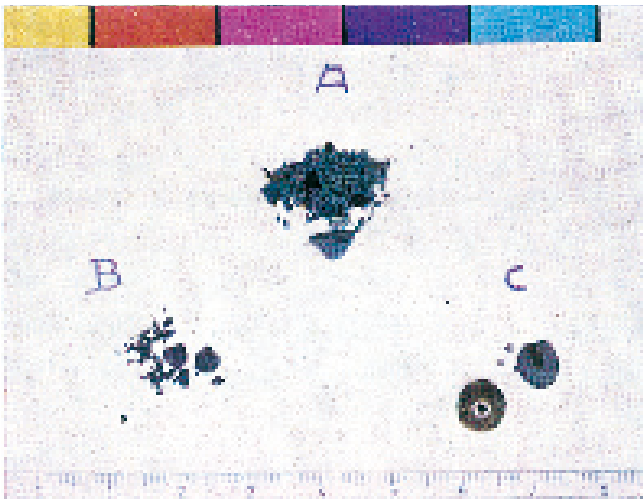


Fig. 4. El color del pigmento varía presentándose unas veces como azul intenso, otras como verde e incluso verde grisáceo. Se fabricaban también con él cuentas de collar.

que se conservan, el color del pigmento varía desde el azul intenso al verde grisáceo, aunque su tonalidad más frecuente es el azul verdoso correspondiente a la muestra A; en repetidas ocasiones hemos comprobado la inclinación de autores y comentaristas a distinguir entre el Azul Maya y el Verde Maya.

b) El "Azul Maya" y los "braseros policromados" de Tlatelolco.

En las excavaciones arqueológicas de Tlatelolco (ofrenda N.º 5, Grupo VII Norte) aparecieron una serie de fragmentos de cerámica pertenecientes a los denominados "braseros policromados" y en uno de los trozos, que recuerda la forma del fondo de un plato encontramos una porción de pigmento azul cubierto parcialmente de sustancia carbonosa, junto con unas bolitas negras muy duras y abundante tierra (ver fig. 5). Los fragmentos de cerámica están ricamente decorados, fundamentalmente con negro y azul e impregnados interior y exteriormente de negro de humo atribuible al "copal" dada la funcionalidad del instrumento (ver fig. 6). Desde el primer momento pudimos comprobar que este pig-

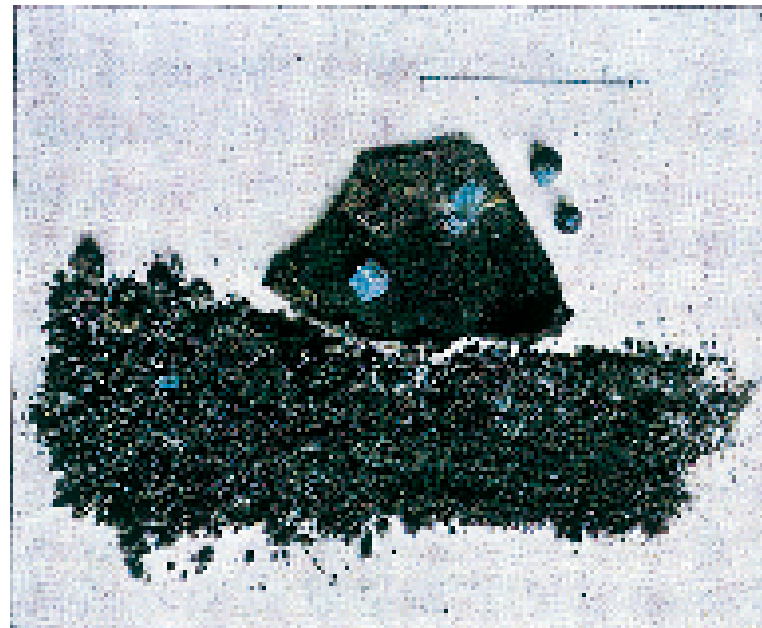


Fig. 5. Detalle de la porción de "Azul Maya" aparecido en Tlatelolco junto con un trozo de cerámica, unas bolitas contaminadas del pigmento, negro de humo y abundante tierra.

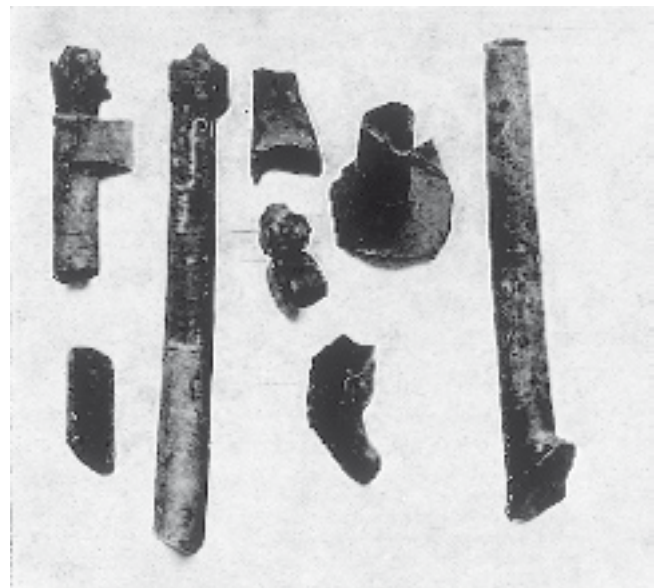


Fig. 6. Fragmentos de cerámica pertenecientes a los denominados "braseros policromados", procedentes de las excavaciones arqueológicas de Tlatelolco, ofrenda núm. 5, Grupo VII Norte. Están ricamente decorados en blanco, negro y azul; en un extremo terminan en forma de cabeza de serpiente y en su interior están dotados de un complejo sistema de cámaras separadas por deflectores de humo (ver fig. 6, 7 y 8).

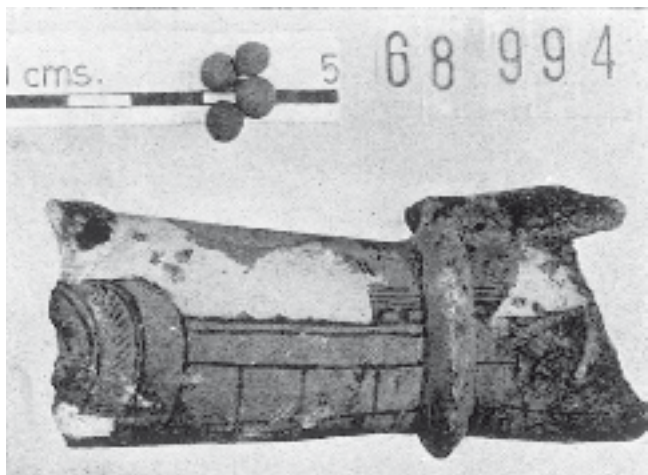


Fig. 7. Un trozo de tubo de uno de los "braseros policromados" de Tlatelolco; sobre la escala de referencia aparecen cuatro bolitas de cerámica que estaban sueltas en el interior.

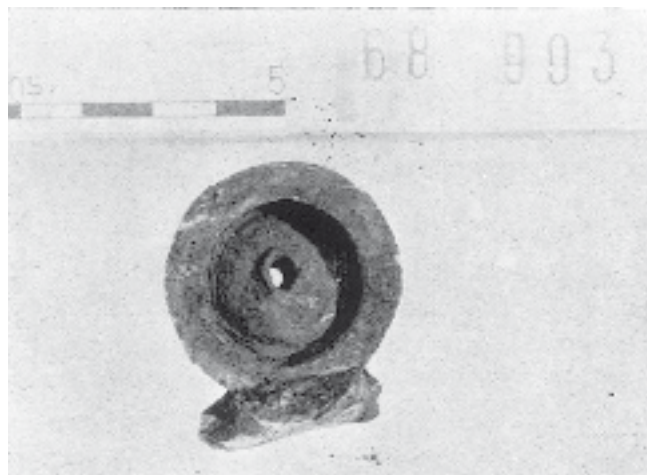


Fig. 8. Las figuras 8 y 9 muestran el aspecto de los extremos de este tubo, dotados de unos reductores de sección hechos también en cerámica, a los que hemos llamado anteriormente, deflectores del humo, que ciertamente, ha pasado por su interior dejando una gran cantidad de residuos carbonosos.

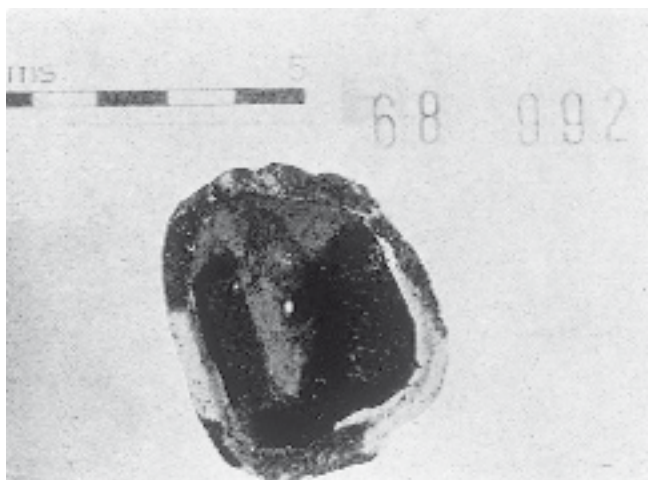


Fig. 9. Reductor de sección en el interior de los incensarios.

mento azul tiene todas las características del "Azul Maya" como lo prueba su color y características ópticas, los ensayos microquímicos de estabilidad, las gráficas de absorción I. R. y la presencia de Atapulgita demostrada por difracción de R. X. y microscopía electrónica paralelamente. La unión material de los incensarios, las bolitas, el negro humo, y la tierra con el azul fabricado y sin utilizar, nos sugirió una posible relación entre estos elementos que el cientifismo arqueológico permitió que llegasen al laboratorio con toda su integridad.

El análisis microscópico de una porción de pigmento 13 con materia carbonosa en la periferia, nos muestra la estratigrafía siguiente (ver Fig. 10): sobre una capa amarillenta con "tierra de diatomeas" sin partículas azules (ver Fig. 11) hay una capa de materia resinosa muy rica en negro de humo y luego el pigmento azul (ver Fig. 12) sin diatomeas<sup>14</sup> y con abundantes partículas rojas (posiblemente óxidos de hierro), amarillentas (materia resinosa), negras (negro de humo) y de arcilla sin colorear; las características ópticas del pigmento ya indicadas por (8), corresponden al mineral de base Atapulgita<sup>15</sup> incolora o coloreada en amarillo, azul o azul verdoso. El análisis térmico del pigmento nos indica los siguientes cambios importantes: una transformación endotérmica se inicia a los 211° C y se acentúa a los 225° C estabilizándose a los 2480° C y permaneciendo estable hasta los 301° C; a esta misma temperatura se observa un importante cambio exotérmico duradero hasta los 395° C, momento en que se estabiliza la transformación hasta los 544° C. La transformación endotérmica comprendida entre 248 y 301° C va acompañada de

la pérdida del color azul; a 544°0 C el pigmento presenta un color gris y, calcinándolo a alta temperatura en tubo cerrado se vuelve amarillo-oscuro a rojo oscuro.<sup>16</sup>

Con los ácidos minerales concentrados y en frío, nítrico y clorhídrico, hemos podido observar un ataque parcial del pigmento, pues algunos granos se decoloran o pasan a verdes obteniéndose una disolución intensamente amarilla que deja un residuo oleaginoso amarillo al eliminar el ácido. Los hidróxidos alcalinos diluidos no le afectan ni tampoco el amoníaco, ácido fórmico, ácido acético, o reductores tales como hidrosulfito de sodio, disolución de sosa cáustica o de ClH con Zn metálico. Con los disolventes cloroformo y ciclohexano no se observa acción aparente

pero la disolución presenta una fluorescencia azul-lechosa al analizada con luz de Wood.

La materia terrosa se nos presenta como una típica "tierra de diatomeas" (ver Figuras 15, 16, 17 Y 18) Y nos proponemos identificar las algas de que proceden estos esqueletos silíceos pues sin duda nos orientarán sobre las características de las aguas de donde proceden.<sup>17</sup>

El análisis espectrográfico nos suministra los resultados del siguiente cuadro, 18 en donde se destaca la similitud cualitativa y cuantitativa de los componentes del negro de humo, de la cerámica y de las bolitas encontradas en su interior. La diferencia entre el Azul Maya y la Atapulgita de Georgia queda también reflejada.

#### ESPECTROGRAFÍA DE EMISIÓN

	Azul Maya	Humo	Bolitas	Cerámica	Atapulgita
Si.	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante	Abundante
Mg.	Menor	Escaso	Escaso	Escaso	Menor
Ca.	Mínimo	Escaso	Escaso	Escaso	Escaso
Al.	Escaso	Menor	Menor	Menor	Menor
Na.	Escaso	Escaso	Menor	Menor	Mínimo
Fe.	Escaso	Menor	Escaso	Escaso	Escaso
Ba.	Huellas	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Huellas
Mn.	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Huellas
Sr.	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Huellas	
Cu.	Mínimo	Huellas	Huellas	Huellas	Huellas
Ti.	Mínimo	Mínimo	Escaso	Escaso	Mínimo
Zr.	Huellas	Huellas	Mínimo	Mínimo	Huellas
Cr.	Huellas	Huellas	Mínimo	Mínimo	Huellas
Bi.	Huellas	Huellas	Escaso	Huellas	
V.	Mínimo	Huellas	Mínimo	Mínimo	Huellas
Ni.		Huellas	Huellas	Huellas	

Abundante: > 10 %. Menor: de 1 a 10 %. Escaso: de 0,1 a 1 %. Mínimo: de 0,01 a 0,1 %. Huellas: < 0,01 %.

El humo, tiene todas las características microscópicas del "negro de humo" aunque es de notar que en algunas porciones presenta un color azul violeta al observado al microscopio con fuerte luz transmitida; se nos presenta ínti-

mamente mezclado con materiales inorgánicos tales como feldespato y cuarzo. Cuando se le aplica una llama o se calienta sobre lámina de platino, arde y se torna de color rojo vivo presentándose al microscopio como óxido de



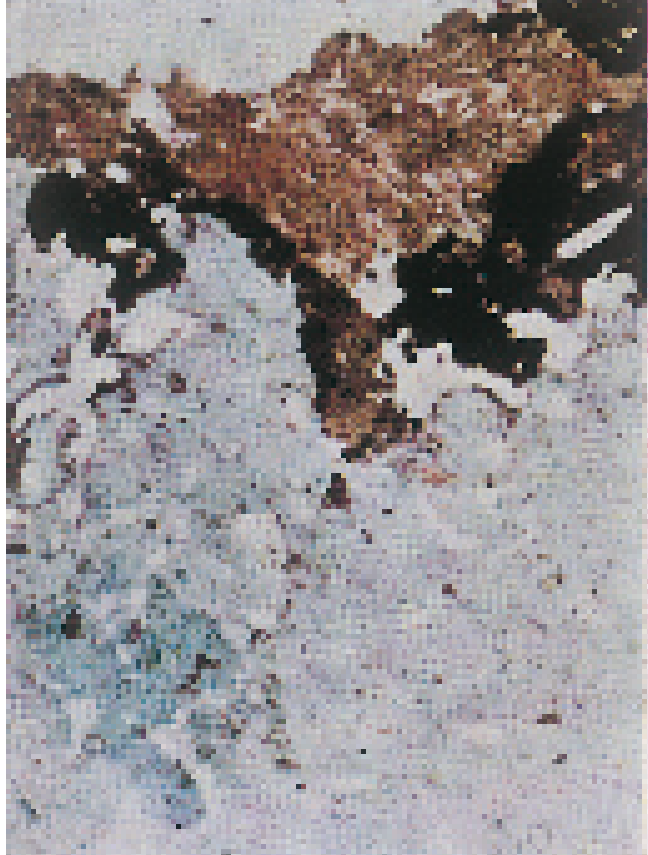


Fig.10. LQ/301. I.C.C.R. Madrid. Lámina delgada con iluminación mixta Ektachrome. 250 x.



Fig. 12. LQ/294. I.C.C.R. Madrid. Lámina delgada con iluminación mixta. Ektachrome. 500 x.



Fig. 11. LQ/289 I.C.C.R. Madrid. Lámina delgada con iluminación mixta. Kodak. Plus-X. 500 x.

Fig. 10, 11 y 12 Estratigrafía de una muestra "Azul Maya" (sin utilizar) procedente Tlatelolco: Sobre una capa amarillenta de "tierra de diatomeas" (ver detalle fig. 11) sin partículas azules, encontramos el pigmento azul (ver detalle fig. 12) sin diatomeas y con abundantes partículas rojas, amarillentas, negras y de Attapulgita sin colorear; ambas capas están separadas por una materia resinosa muy rica en negro de humo.

hierro. Frente a los ácidos minerales concentrados y frente a los disolventes cloroformo y ciclohexano se comporta de manera análoga al Azul Maya, dando a los ácidos intensa coloración amarillenta con residuo orgánico al evaporar el ácido y, observándose una fluorescencia azul lechosa con luz ultravioleta en el caso de los disolventes orgánicos en los que, a simple vista, nada se observa.

La difracción de rayos X indica para el pigmento azul la presencia de Atapulgita con algo de cuarzo, calcita y hematita <sup>19</sup> para el humo confirma los elementos indicados por la microscopía óptica: feldespato, cuarzo y calcita; para la cerámica y las bolitas, los resultados son: cuarzo, feldespato, calcita y algo de riebeckita.

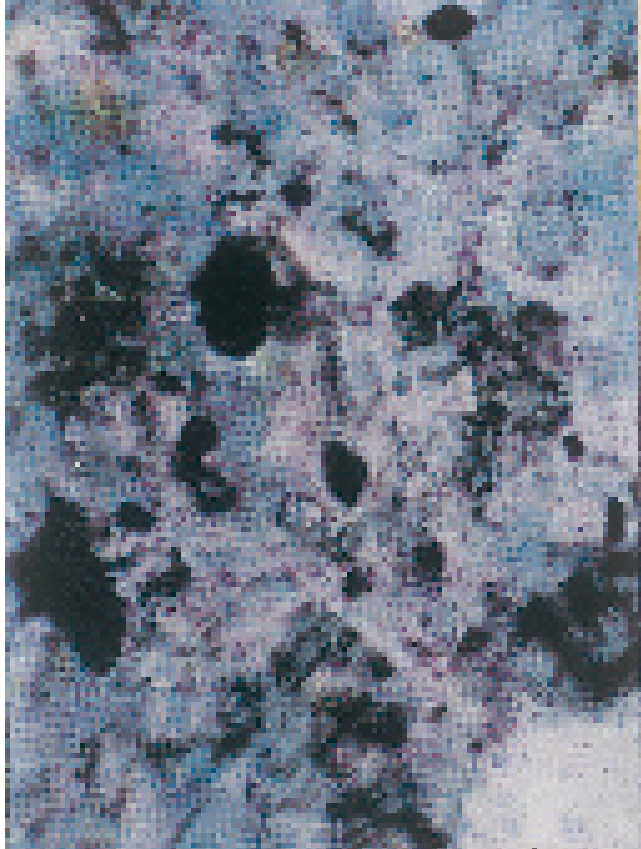


Fig. 13. LQ/286 I.C.C.R. Madrid. Preparación en bálsamo de Canadá. Luz transmitido. Ektachrome. 500 x.



Fig. 14. LQ/299. I.C.C.R. Madrid. Preparación en bálsamo de Canadá. Luz transmitid. Ektachrome. 500 x.

Fig. 13 y 14. Azul Maya procedente de la decoración de un incensario. Tlatelolco. La decoración azul adhiere mal a la cerámica, desprendiéndose en láminas que, sin otra manipulación, han sido montadas con bálsamo de Canadá. la observación microscópica nos muestra. junto con el azul fragmentos de diatomeas sin colorear.

La microscopía electrónica del pigmento azul nos señala resultados idénticos a los anteriores precisando la naturaleza orgánica de las placas de carbonato de calcio y dándonos una visión del pigmento bastante reveladora, pues mientras que en unas partes los filamentos de arcilla se ven limpios, en otras, están asociados a abundante materia orgánica en partículas redondas cuya morfología indica tres componentes íntimamente mezclados.

La espectrografía de absorción I.R. realizada sobre el pigmento en Br K nos indica claramente que, además de las bandas correspondientes a 1650, 1485, 1460, 1380, 1305 y 1290  $\text{cm}^{-1}$  estudiadas por (8), debemos señalar las situadas a 2930 y 2850  $\text{cm}^{-1}$



Fig. 15. LQ/284.250 x. I.C.C.R.



Fig. 16. LQ/316.500 x. I.C.C.R.

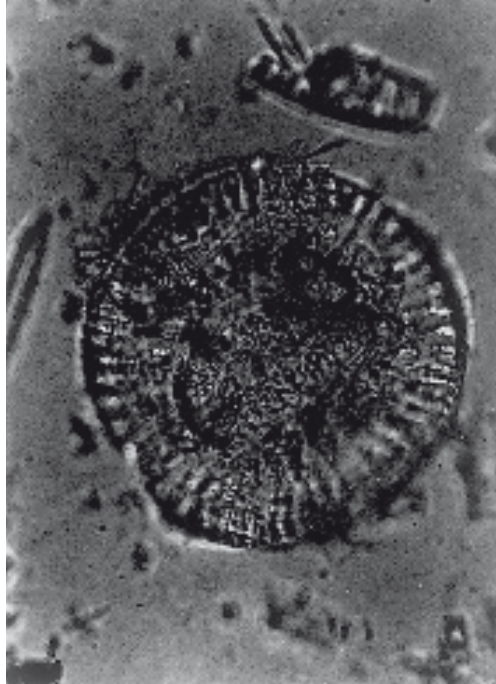


Fig. 17. LQ/319.500 x. I.C.C.R.



Fig. 18. LQ/318.500 x. I.C.C.R.

detectables sin necesidad de utilizar expansión vertical de escala. El estudio comparativo de los espectros de absorción I.R. obtenidos del extracto en cloroformo y en ciclóhexano del Azul y del humo, previa evaporación del disolvente, nos aseguran que el residuo amarillo oleaginoso presenta todas las bandas de absorción I.R. referidas, más otras muchas que 'en su conjunto, demuestran la presencia de un hidrocarburo saturado, probablemente cíclico, idéntico al que se obtiene quemando resina de copal<sup>20</sup> mezclada con óxido férrico y analizando el residuo carbonoso con la misma técnica.

Una prueba más que relaciona íntimamente el humo y el pigmento azul, procede del espectro U.V. del extracto en ciclohexano, ya que nos indica la similitud de un componente cromóforo (ver Fig. 19).

La gráfica señalada con la letra E demuestra que el negro de humo obtenido quemando resina de Copal posee las mismas bandas que el "Azul Maya".

En la gráfica C se señala en recuadro la presencia de las bandas indicadas por (8) y que han sido reproducidas y comentadas en la Fig. 3.

Ante el hecho probado de que los ácidos minerales concentrados atacan al pigmento disolviendo una materia oleaginoso amarilla, frente a la hipótesis probada para otras

arcillas, de que la capacidad de retención de determinadas moléculas orgánicas depende del catión ligado a la arcilla, esto es que, el que la Atapulgita sea cálcica, magnésica, sódica, ácida, etc., determinaría una mayor o menor facilidad de retención del colorante orgánico, todo lo cual parece igualmente válido a nuestro problema según se deduce de las amplias variaciones observadas en la movilidad electroforética y en el potencial Zeta de la Atapulgita al hacerla monoiónica alcalina o al fijar en ella índigo (8), hemos procedido a tratar una porción del pigmento con ácido clorhídrico concentrado (16'4 '10) en frío durante cuatro horas; a continuación, el pigmento ha sido lavado repetidas veces con fracciones distintas de alcohol etílico absoluto, dejando luego que el alcohol se evapore a presión y temperatura normales; finalmente, el pigmento así tratado ha sido sometido a la acción del cloroformo, calentado ligeramente, durante 48 horas: el cloroformo se tornó de color azulado y hemos podido identificar fácilmente la presencia de índigo por medio de la espectrografía de absorción I.R., VIS., y U.V., previo aislamiento del componente azul mediante cromatografía en capa fina. Respecto a la fracción amarilla extraída con el ácido clorhídrico concentrado, los análisis comparativos por espectrografía

de I.R. parecen indicar una similitud clara con los derivados amarillos obtenidos al tratar paralelamente muestras de Añil traído de las mismas regiones de Centro América.

Al repetir la experiencia de aislamiento e identificación de índigo hemos podido comprobar que se producen efectos de cambio de color, de azul a blanco, al elaborar la pastilla de bromuro de potasio para el análisis en el I.R., y luego, cuando han transcurrido diez o quince días, esa misma pastilla vuelve a ser azul habiendo pasado por tonalidades intermedias; esa misma pastilla, cuando al hacerla tiene color blanco, si se vuelve a disolver en cloroformo da al disolvente color azul y deja mancha azul al depositar el colorante en la capa de alúmina para cromatografía, efectos todos que si bien encuentran su explicación en conceptos de tipo fisicoquímico, no nos detienen por el momento dada la irrefragabilidad actual del aislamiento e identificación de índigo efectuados, que es lo que constituye fundamentalmente el objetivo de nuestras investigaciones actuales.

### c). El "Azul Maya" y el "Cenote Sagrado" de Chichén-Itzá.

La base de la búsqueda de tesoros, en este y otros pozos naturales de los muchos que existen en Yucatán, se debe a unos pasajes de lo escrito por fray Diego de Landa (10):

"Dios facilitó la apertura de pozos en la roca, que los Indios denominan cenotes / . . . / están cortados en la propia roca virgen y tienen la boca creada por el propio Dios /... / Los Indios tenían a Cozumel y a la fuente de Chichén Itzá en la misma veneración que nosotros tenemos por las peregrinaciones a Jerusalén o a Roma y por ello acostumbraban a visitar estos lugares en donde hacían sus ofrendas igual que nosotros hacemos / . . . /. Echan víctimas humanas vivas al interior del pozo de Chichén Itzá / . . . / También echan otros objetos, como piedras preciosas y cosas de valor".

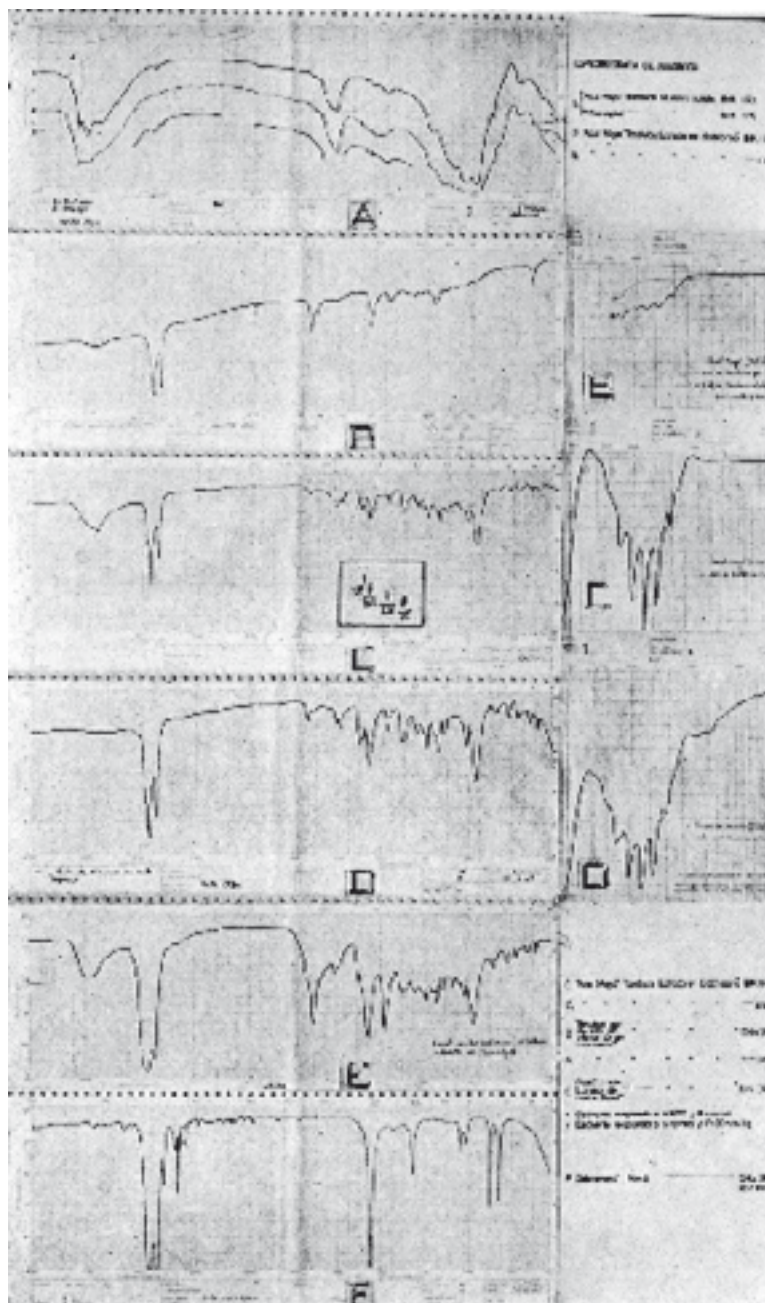


Fig. 19. Examen comparativo de los espectros de absorción I. R. y U.V. obtenidos del "Azul Maya", del residuo carbonoso del interior de los incensarios y del negro de humo obtenido quemando resina de copal. En último término y con la letra F figura el espectro del ciclohexano. Las bandas que aparecen en el extracto en cloroformo del "Azul Maya" (B) se repiten en los extractos en ciclohexano del pigmento (C) y del negro de humo de los incensarios (D), acompañadas de otras muchas que indican una identidad de la materia extractada, identidad que nuevamente se confirma por el espectro U.V. de ambas sustancias que además enseña la presencia de un grupo cromorfo.

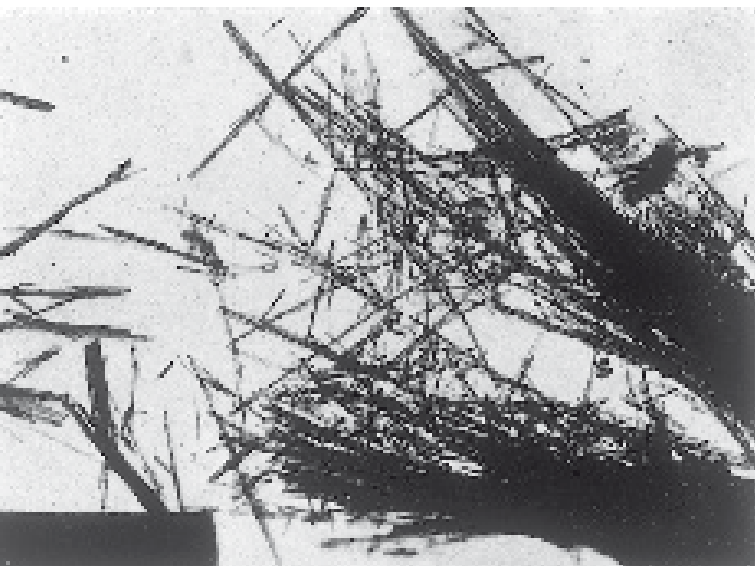


Fig. 20. Microscopía electrónica del Azul Maya de Chichén Itzá. Junto a los filamentos de Atapulgita formando hacecillos se observan gránulos de materia orgánica. Microscopio electrónico Philips ME 300. Instituto de Edafología C.S.I.C. Madrid. Negativo núm. 380. 15-540 x.

La exploración del fondo del pozo <sup>21</sup> se debe principalmente a los trabajos realizados por el americano Edward Herbert Thompson, quien inició el drenaje el día 5 de marzo de 1904 y dio por terminados los sondeos el 1 de julio de 1907. Dos años después siguió él mismo la campaña y los objetos, que salieron se conservan en el Museo Peabody de Harvard y en el Museo Nacional de Antropología e Historia de Méjico. Más tarde, las exploraciones se continuaron y la muestra que aquí estudiamos pertenece a las del año 1960. Las fechas que pueden asignarse a los objetos encontrados corresponden a épocas muy diversas en la historia de la laguna y patentizan cuan grande fue el comercio aun con regiones tan distantes como los estados norteros de Guerrero y Oaxaca y del sur con la actual Colombia.

Es muy grande la diversidad de los objetos encontrados y por doquiera se hallan pruebas de que la mayoría habían sido sometidos a la acción del fuego antes de haber sido

echados al Pozo Sagrado; junto a objetos de oro y cobre, figurillas moldeadas en copal, bolas de caucho, tabletas de jade y cuentas de collar, aparecen también vasos y platos de cerámica e incensarios ricamente decorados que demuestran la relación con los pueblos vecinos de Tabasco y Mayapán.

Entre estas ofrendas destaca para nosotros una bolita fabricada con el pigmento Azul Maya y en la que ha sido posible identificar Atapulgita e índigo. La microscopía electrónica indica la presencia de Atapulgita como puede verse en la Fig. 20, dato que ha sido confirmado por la difracción de rayos X. La extracción prolongada de la muestra con cloroformo caliente, ha surtido efecto pudiéndose aislar una porción del colorante azul que, la espectrografía de absorción LR. (Fig. 21 B) demuestra que es índigo.

El pigmento se oscurece por la acción del calor y, aunque los ácidos minerales concentrados lo atacan no consiguen destruir totalmente el color.

d). El "Azul, Maya" y las "cuentas de collar".

No conocemos la procedencia de estas bolitas perforadas que han sido identificadas por los expertos como cuentas utilizadas para la fabricación de collares y sólo podemos indicar que son aparentemente iguales a algunas de las que se han encontrado en el fondo del Cenote Sagrado de Chichén Itzá.

La presencia de Atapulgita en esta muestra ha quedado demostrada por la difracción de R.X. y por la microscopía electrónica, siendo necesario señalar que su contenido en carbonatos es muy superior al de las muestras anteriormente estudiadas.

Aplicando a una pequeña porción de una de las cuentas el mismo tratamiento practicado con las de Tlatelolco, esto es, tratamiento con ácido clorhídrico concentrado durante 4 horas, lavado posterior con distintas fracciones de alcohol etílico absoluto y, finalmente,

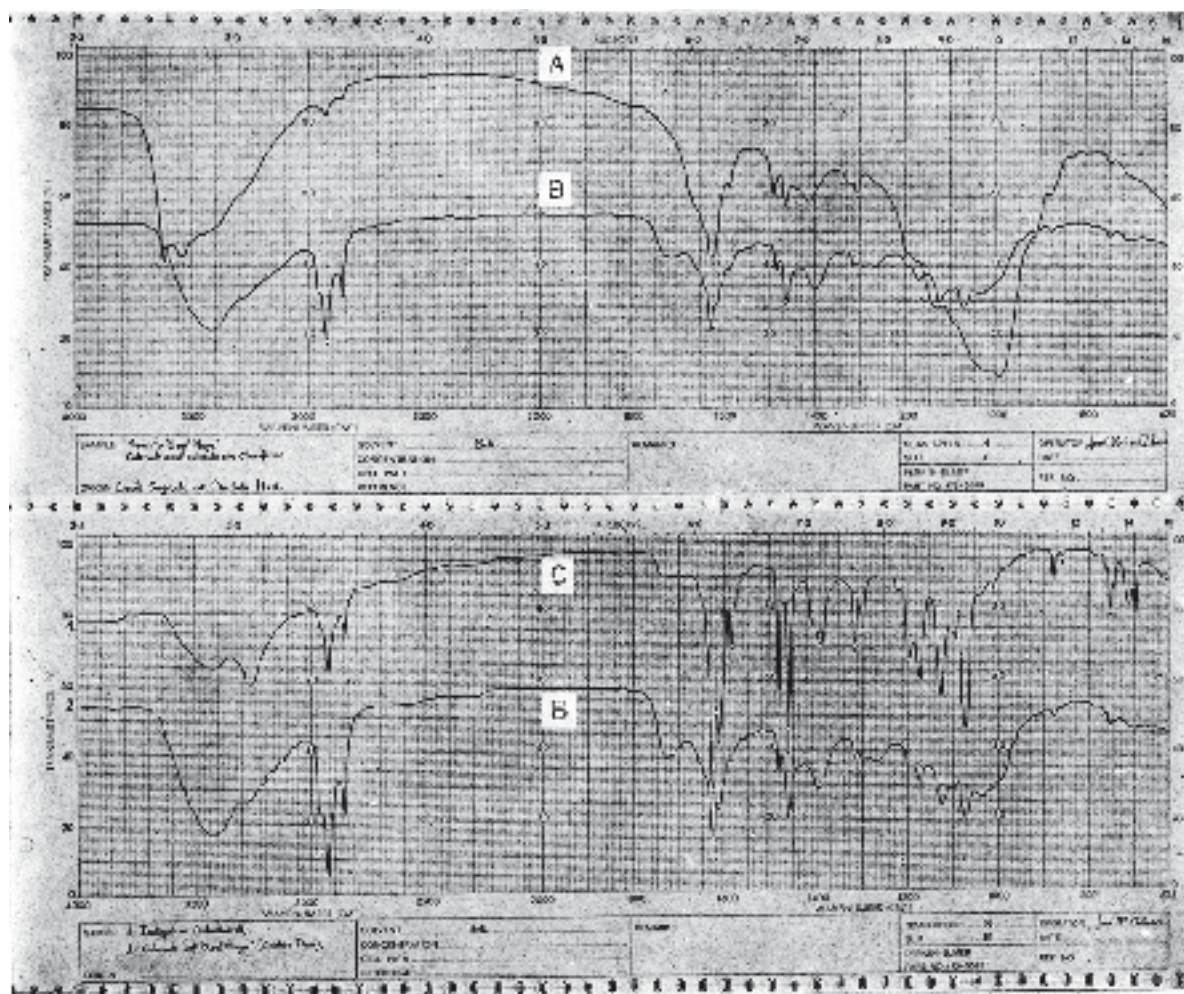


Fig. 21. Estudio comparativo de los espectros de absorción I.R. del Pigmento Azul Maya procedente del Cenote Sagrado de Chichén Itzá (gráfico A), del colorante azul extractando del pigmento con cloroformo caliente (B) y del Indigo sintético de fabricación "Schuchardt, Alemania" (C). La correspondencia entre las bandas del colorante sintético y las del extracto del pigmento demuestran la presencia del Índigo en esta muestra de Azul Maya.

extracción durante 48 horas con cloroformo ligeramente caliente, también hemos podido identificar índigo por espectrografía de absorción I.R., siéndo de notar que, incluso en esta muestra de color inicial verde-gris, la proporción del colorante es muy superior al 1,5 % dado por (8) en su publicación.

\* \* \*

Debemos también señalar, en último término, que la misma técnica operatoria ha permi-

tido aislar e identificar índigo en muestras de Azul Maya procedentes de las decoraciones de los "incensarios policromados" de Tlatelolco, de las pinturas murales de Vega de Alatorre (Veracruz) y de Iximché en Tecpán Guatemala, pinturas de época colonial sobre papel de amate de Juan Gerson en Tecamachalco, que constituyen todas y cada una de las muestras de que actualmente disponíamos en cantidad suficiente, esto es, del orden de las décimas de miligramo.

#### 4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La utilización de la Atapulgita o Atapulgita-Sepiolita como base mineral del pigmento, es un hecho suficientemente probado por cuantos análisis se han efectuado hasta la fecha y también sabemos que esta arcilla se encuentra en algunas cavernas en el pozo de Chichen Itzá de la península de Yucatán y por tanto al alcance de los indígenas.

Respecto al colorante azul y al modo de obtener y estabilizar el complejo arcilla-colorante se nos ofrecen distintas posibilidades que analizaremos seguidamente.

##### a). Los Azulenos y el "Azul Seri".

Moser y Peirce (6) recogen en su publicación la técnica con que los indios Seri de Sonora fabrican un pigmento azul muy parecido al Azul Maya; las sustancias que intervienen en: el proceso no excluyen una posible filiación, el hecho de ser moderno y situarse en regiones del norte tampoco lo hace y no es un dato totalmente excluyente la falta de estabilidad frente al ácido nítrico concentrado y caliente pues bien sabemos que hay muestras de Azul Maya que tampoco lo son. Profundicemos pues en su naturaleza aclarando que numerosas sustancias pueden actuar como oxidantes frente a la resina de guayaco<sup>22</sup> a la que tiñen de azul por transformación del ácido  $\gamma$ -guayarético (es un fenol) en dimetil-isopropil-azuleno (guayazuleno); entre estas sustancias debemos destacar las sales de hierro, sales de ácidos nitrogenados, saliva, sangre (reacción de Schonbein) y también las arcillas montmorrilloníticas, siendo por tanto el Guayazuleno el principio colorante del Azul Seri.

También sabemos<sup>23</sup> que al someter ciertos aceites esenciales a operaciones simples tales como destilación a presión normal, tratamiento con ácidos o sustancias oxidantes, destilación y otros procesos similares de los cuales resulta una deshidrogenación, se observó la

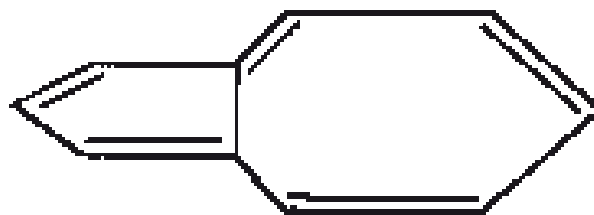


Fig. 22. Azuleno<sup>25</sup>

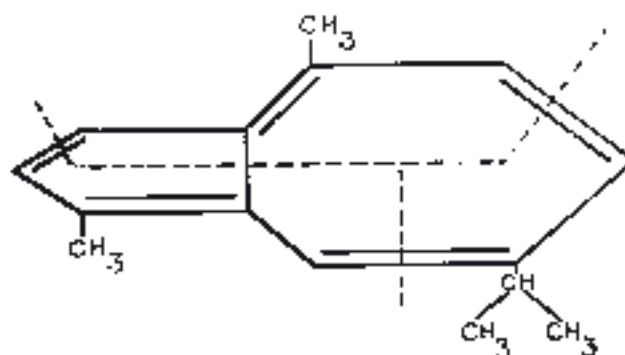


Fig. 23. Guayazuleno.

aparición de un color azul al que, Piesse en 1864 le dio el nombre de azuleno, y al que Plattner y Pfau (1937)<sup>24</sup> dieron la fórmula de la Fig. 22, al prepararlo por síntesis a partir de la  $\Delta^9$ -octalina; es un hidrocarburo dicíclico, sólido, de color azul que tiene el mismo olor característico y la misma forma cristalina de su isómero el naftaleno; el sistema de dobles enlaces reactivos y en conjugación cerrada es la causa de su intenso color. El azuleno es la sustancia madre de un extenso grupo de materiales colorantes con funcionalidad diferente, color que varía desde el verde al violeta, puntos de fusión diferentes figurando entre los más altos los correspondientes a los derivados ácido carboxílico.<sup>26</sup>

Como sesquiterpeno dicíclico derivado del azuleno podemos considerar el Guayazuleno obtenido de las esencias de Guayaco y de Geranio (cuyo punto de fusión es de 30° C).

Los azulenos se oxidan al aire lentamente y su descomposición se acelera con la luz; la oxidación rompe el sistema de dobles enlaces



Fig. 24. Fray Diego Durán (religioso de la Orden de Predicadores, escritor del s. XVI). "Historia de la Indias de Nueva España e Islas de Tierra firme". Atlas. tratado 2°. Capítulo 5° Edt. Nacional S.A (1951) Mexico.

La similitud de este instrumento con los de Tlatelolco antes comentados (ver figs. 6, 7, 8. y 9) parece estas demostrada.

conjugados y el color cambia desde azul o violeta, a verde, amarillo, marrón. Calentando el Guayazuleno en un tubo cerrado, a  $250^{\circ}\text{C}$  el producto no cambia, a  $320\text{--}340^{\circ}\text{C}$  se produce una migración del grupo metilo en 1 hasta la posición 2 y a  $350\text{--}430^{\circ}$  se origina un reagrupamiento del núcleo de azuleno en naftaleno.

Las propiedades medicinales de los azulenos son conocidas y usadas actualmente: acción antiinflamatoria, lepra, inhibición del *Maycobacterium tuberculosis*, tratamiento bronquial, etc...

La espectrografía de absorción I. R. y U. V. del Azuleno y Guayazuleno están representadas en la fig. 25.

La obtención de azulenos por deshidrogenación catalítica de los sexquiterpenos de las esencias naturales, puede realizarse en un aparato como el de la fig. 27 que consta esencialmente de un tubo caliente a  $200\text{--}$

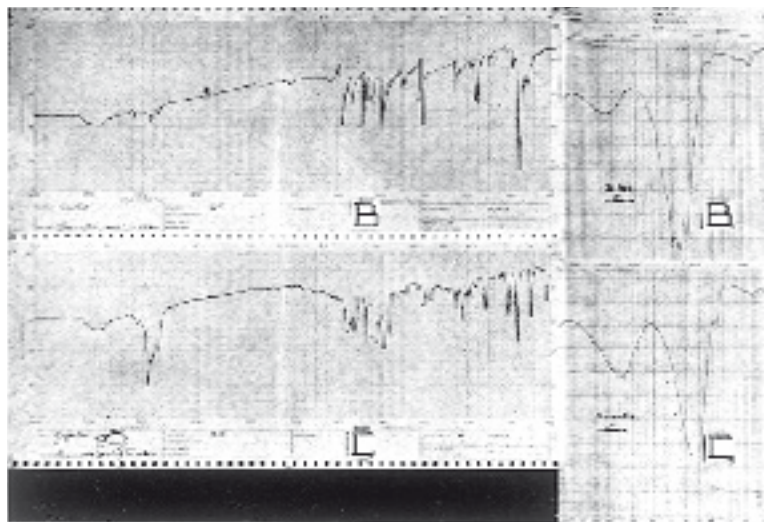


Fig. 25. Espectros de absorción I.R. y U.V. de Azuleno (B.B) y Guayazuleno (C, C) en pastilla de bromuro potásico para el infrarojo y disuelto en ciclohexano para el ultravioleta.

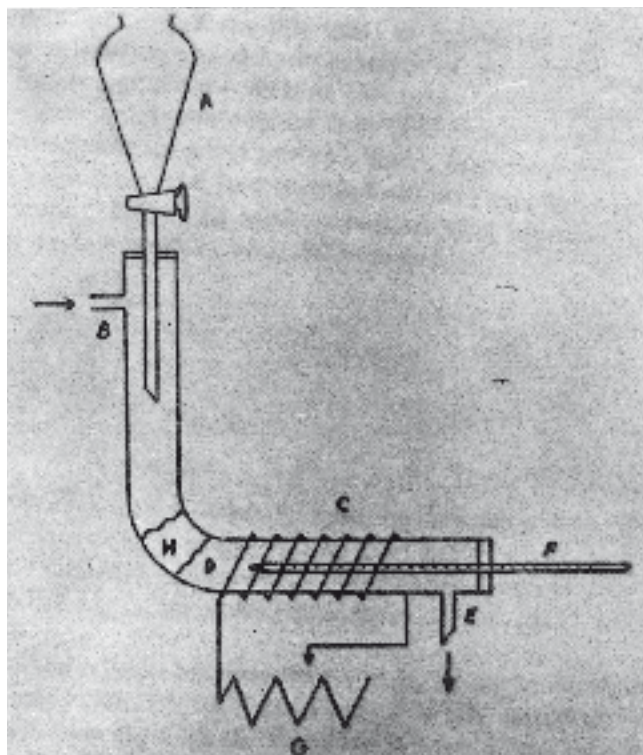


Fig. 26. Aparato usado para la obtención de azulenos por deshidrogenación catalítica de ciertos aceites esenciales. Reproducido de (24): A) depósito de aceite esencial; B) corriente de nitrógeno, C) tubo calentado eléctricamente. D) asbesto con 10 por 100 de carbón paldio. H) lana de vidrio, E) salida de productos transformados F) termómetro.



300° C. relleno de carbón activo y catalizador metálico, por el cual se hace circular el producto a transformar en atmósfera de nitrógeno.

Dado que los resultados de los análisis espectrográficos que hemos presentado en la fig. 19 señalan que de las muestras de Tlatelolco se puede extraer, con disolventes orgánicos, un producto derivado de la resina de copal que contiene un grupo cromóforo no identificado y todas las bandas de absorción I.R. dadas por (8), junto al paralelismo que podemos establecer entre las figuras 24 y 26 y unido al hecho de que con azuleno y Atapulgita se consigue un pigmento azul estable frente al ácido nítrico concentrado y caliente, nos ha llevado a experimentar en la obtención de azulenos partiendo de la resina de copal (Protium Copal) y utilizando un dispositivo similar al que nos muestra el dibujo del Padre Durán. Las cantidades de azuleno que hemos logrado obtener relleno el tubo de deshidrogenación con arcilla y negro de humo del mismo copal, han sido siempre tan pequeñas que no podemos atribuir a nuestro método la más mínima utilidad para la obtención de cantidades apreciables del colorante, y los análisis por espectrografía de absorción I.R. y U.V. nos obligan a rechazar esta posible conexión entre el Azul Maya y el Azul Seri.

#### b). El Añil.

La utilización del índigo o Añil en la fabricación del Azul Maya se ha tenido, desde hace años, como una de las posibilidades más serias 27 y, en nuestros días, los resultados de las experiencias realizadas por H. van Holphen (7) y los estudios, más documentados, publicados por los especialistas (8) de los laboratorios del Institut Royal du Patrimoine Artistique en Bruselas, hacen que la teoría Azul Maya = Atapulgita + índigo + Calor destaque en primera línea, a todo lo cual hay que sumar el hecho de que la presencia de índigo en las muestras objeto de nuestro estudio, ha queda-

do demostrada con suficiente exactitud.

Una de las fuentes naturales más importantes para la obtención del Añil, son las plantas pertenecientes al género *Indigofera* que con gran abundancia y variedad viven en la región que nos interesa.

Lo que las plantas contienen es el Indicán, un glucósido incoloro del índigo que, al macerar con agua la planta desmenuzada, se hidroliza fácilmente por los fermentos contenidos en el tejido vegetal, liberando glucosa e indoxilo; este último se oxida al aire produciendo índigo.

Llama extraordinariamente la atención el hecho de que ya en la antigüedad se conociese un método para teñir con el índigo natural, que representa una de las materias colorantes más difícilmente solubles entre todas las conocidas. El proceso se basa en que reduciendo el índigo, se transforma en un dihidro-derivado (o leuco-derivado) incoloro que es soluble en disoluciones alcalinas.

En los primitivos procesos, la reducción se verificaba por fermentación de sustancias feculentas o sacarinas, pero también se reduce por acción de la amalgama de sodio, del sulfato ferroso y cal, de cal y polvo de cinc, de polvo de cinc y los álcalis caústicos, de la glucosa en solución alcalina y, a partir de 1871, el reductor más utilizado es el hidrosulfito de sodio ( $S_2O_4Na_2$ ).

El problema de la estructura de este colorante antraquinónico fue resuelto por Baeyer en 1883 y los métodos de síntesis desarrollados por Heumann desde 1890 son la base de la obtención actual del índigo.

También debemos señalar que la putrefacción de las proteínas, por la acción de ciertas bacterias sobre el triptófano, produce indol, el cual, durante los procesos de descomposición intestinal se hidroxila y luego se liga al ácido sulfúrico formando la sal potásica que el organismo de los mamíferos elimina en la orina; de aquí se ha podido aislar el "verde índigo" que tiene una fórmula análoga a la

del índigo solo que los dos hidrógenos de los grupos NH están sustituidos por grupos metilo (-CH<sub>3</sub>).

Los indígenas de Mesoamérica conocían este colorante y lo empleaban con profusión, buena prueba de ello son las numerosas muestras que se conservan de materiales orgánicos teñidos con Añil y las referencias de los escritores que de ello nos hablan.

Abelardo Carrillo y Gariel, en su obra "Técnica de la Pintura de Nueva España" <sup>28</sup> nos refiere, en la página 27 "... Los indios empleaban el añil a cuya planta le daban el nombre de xihquilitzahuac..." Y poco después, en la misma página y describiendo cómo lo obtenían, nos dice lo relatado por Francisco Javier Clavijero... "... ponían las hojas de la planta, una a una, en vasijas de agua caliente, o más bien tibia, y después de haberlas meneado con una pala, pasaban el agua teñida a unas orzas o peroles, donde la dejaban reposar hasta que se precipitaban al fondo las partes sólidas de la tintura, y entonces vaciaban el agua poco a poco. Este sedimento se secaba al sol, y después se ponía entre dos platos al fuego para que se endureciese..." y también lo relatado por Roberto Tomson..." <sup>29</sup> asimismo el añil que viene de allá para teñir de azul, es una planta que crece sin cultivo, y en cierta época del año se recoge, se quema y de sus cenizas mezcladas con otros ingredientes, se hace el añil."

c). La técnica de fabricación.

Pocos son los elementos de juicio que poseemos en lo que se refiere a la técnica de fabri-

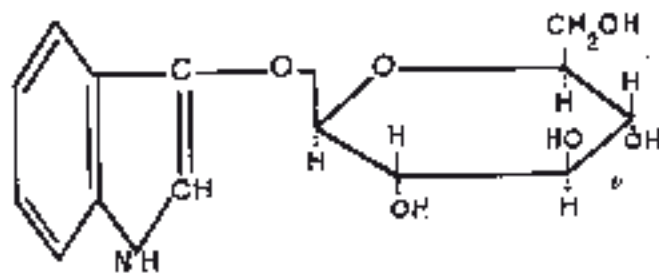


Fig. 27. Indicán.

cación del pigmento empleado por los indígenas. Las muestras de Tlatelolco, que parecen habernos llegado tal y como fueron acabadas de fabricar, nos señalan el empleo de la tierra de infusorios y el proceso de calentamiento a que fueron sometidas, junto a unos incensarios de) indudable carácter ritual: la utilidad de las diatomeas como material absorbente y refractario es bien conocida y ambas pudieron ser las razones de su empleo, sólo fuera con el fin de retener las impurezas del colorante y aislar el pigmento de la acción directa de una fuente de calor demasiado intensa. La muestra de Chichén Itzá parece estar moldeada a la mano, no presenta ningún síntoma de calentamiento apreciable y, por su aspecto general, recuerda grandemente a las bolas de pigmento azul fabricadas por los indios Seri, según nos presenta M. B. Moser en la fig. 3 de su publicación (6).

Si aceptamos para el Azul Maya la teoría más lógica y prácticamente demostrada que tiene cuenta de los tres elementos fundamentales Atapulgita, índigo y calor, se nos presentan varias posibilidades para la obtención del pigmento:

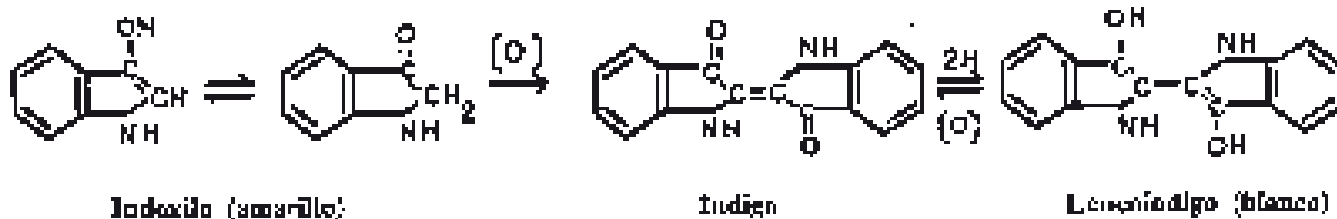


Fig. 28.

1. En primer lugar consideremos la tinción directa de la arcilla con el jugo procedente de la maceración de las plantas Indigoferas, pues permitiría obtener una bola de pigmento como la de Chichén Itzá y también, por calentamiento posterior, un pigmento como el de Tlatelolco previa retención de los residuos vegetales con la tierra de diatomeas. La presencia del negro de humo de copal se puede tomar como elemento accesorio de funcionalidad ritual, o, desde un ángulo más técnico, podemos considerar esta resina como el combustible para la cocción. También queremos señalar que al calentar las plantas verdes y jugosas de la "tinta", "chicatinta" y "seca-tinta", que es como denominan los actuales descendientes de los Mayas que viven en la región de Chichicastenango (Guatemala) a las tres variedades de Indigoferas que conocen, el glucósido que "contienen se desplaza, pudiendo ser recogido sobre la Atapulgita que se tiñe de azul, siendo la temperatura moderada y continua y pudiéndose fácilmente aislar las plantas de la arcilla, mediante la tierra de diatomeas que no fija al colorante.

Seguidamente debemos considerar aquellos métodos que empleen el índigo como tal colorante previamente formado, pues sabemos que los indios lo preparaban y disponían de él en cantidad.

2. El pigmento puede formarse calentando una mezcla pues el calor hace que el colorante se difunda en la arcilla y formado.

3. Calentando el índigo en corriente de vapor de agua, con lo cual éste arrastra el índigo que luego se fijaría en la Atapulgita.

4. Otros métodos de tinción implican una reducción del índigo a su forma leuco y la disolución del "índigo blanco" en un baño alcalino. Entre los métodos de reducción empleados en la antigüedad figuran con carácter especial los procesos de fermentación a partir de jugos azucarados o feculentos procedentes de frutos, raíces, cortezas, etcétera, procesos que los indígenas conocían

y utilizaban; destaquemos en especial su bebida alcohólica preferida, el pulque, obtenida a partir del jugo de maguey (agave) pues está relacionada con el color que nos ocupa por lo que nos dice Fray Bernardino de Sahagún<sup>30</sup> en la página 212, punto 45 ... "este pulcre que aquí bebían se llamaba matlaloctli, que quiere decir pulcre azul, porque lo teñían con color azul...". Sometiendo el añil a la acción de la glucosa en solución alcalina o de materias orgánicas en fermentación, la Indigotina se convierte en blanco de añil que es soluble en álcalis como pueden ser las disoluciones obtenidas con cenizas de plantas o con cal, que ellos empleaban en grandes cantidades, lo que por otra parte nos aproxima a ciertos aspectos de las pinturas murales Mayas que si bien tienen determinadas características de la pintura a la cal, guardan la superficie impregnada por una sustancia proteica que según Coremans<sup>31</sup> pudiera pertenecer a la pintura original bajo la hipótesis de que, en su origen, las pinturas pudieron estar recubiertas por un barniz proteico.

5. La única variante de los procesos señalados que por convicción personal me inclino a señalar deriva de la concordancia que encontramos entre hechos aparentemente tan diferentes como la presencia en Tlatelolco del pigmento, las bolitas y los incensarios, con lo que nos relata Tomson de que los indios obtenían el Añil quemando las plantas y mezclando sus cenizas con otros ingredientes y, también, ciertos pasajes de Fray Diego de Landa (11) quien nos cuenta en las páginas 90 a 92 "...el sacerdote aparejaba muchas pelotillas de su incienso fresco en unas tablillas /... / se sentaba en medio del patio vestido de pontifical ( teniendo) cerca de si un brasero y las tablillas del incienso /... / los chaces sacaban lumbre nueva /... / el sacerdote comenzaba a echar incienso en el brasero y venían todos por su orden a recibir incienso de la mano del sacerdote /.../ lo echaban poco a poco en el brasero aguardando hasta que se hubiese

acabado de quemar / . . . / quemadas con la lumbre nueva sus pelletillas de incienso, desleían en su vaso un poco de su cardenillo con agua que ellos decían traída del monte en donde no llegase mujer y untaban con ello las tablas de los libros para su mundificación. „. Aunque no hemos podido consultar bibliografía sobre las excavaciones de Tlatelolco, son muchos los observadores que recuerdan las bolitas azules que aparecieron y el Ingeniero Luis Torres del Departamento de Prehistoria del INAH nos hace una descripción totalmente concordante con nuestra idea, dato que se refuerza con la descripción hecha por Gettens (4) de las muestras de Azul Maya encontradas en las excavaciones de la calle de Escalerillas, detras de la Catedral de Méjico, que generosamente fueron enviadas a Washington por Ekholm, como “una cantidad aproximadamente del tamaño de tres chicharos”.

6. Otra posibilidad, de carácter puramente influido por un aspecto muy comercial, se nos presenta al estudiar el Añil de fabricación local que se vende en algunos países de Centro América. Durante el transcurso de una reciente estancia en Costa Rica, hemos podido adquirir, y es de venta normal al público en las pequeñas tiendas de los pueblos vecinos a San José, Añil natural en forma de bolitas muy semejantes a las mencionadas en páginas anteriores, Añil que está adulterado en una proporción de casi el 80 % con una arcilla blanca. Si suponemos que un proceso similar pudo darse entre los Mayas, utilizando éstos la Atapulgita que hay en el interior de ciertas cavernas de Yucatan, y pensamos que esta mezcla se calentó posteriormente para que endureciese, tendremos una explicación, al estilo de nuestros días, de lo que pudo ser el origen del pigmento azul más sorprendente y estable que conocemos.

7. Guatemala y más particularmente Chichicastenango, Uatatlán y sus localidades vecinas, conservan con increíble pureza muchas costumbres indígenas incluso ante-

riores a la Conquista. Las visitas que he realizado a este bellissimo país me han permitido estudiar ciertas costumbres rituales que, en párrafos anteriores, hemos comentado en relación con el misterioso Azul de los Mayas: quemar el “pom” o copal con o sin incensarios, quemar el copal junto con la sangre de aves que se ofrecen en sacrificio delante del ídolo Pascualabaj, la presencia de gusanos peludos y otras sabandijas que hemos podido fotografiar y recoger en los “oratorios” que, para quemar copal, hay en la cúspide de las pirámides de la antigua ciudad ritual de Kumarkaaj y que son la prueba material de lo escrito en el siglo XVI por Fray Diego Durán, pero ni allí ni en las pruebas y razonamientos que hemos podido establecer aparece el Azul Maya ni el Añil que sabemos es la causa del color, siendo interesante el constatar que respecto a las Indigoferas que ellos llaman “tinta” sólo los muy viejos o las familias muy pobres del interior de los bosques las conocen y las emplean. Las figuritas de cerámica policromada actuales que hemos podido conseguir, están pintadas con Añil sin Atapulgita y lo mismo encontramos en la decoración azul de la cruz que hay junto al viejo ídolo de piedra del famoso adoratorio del bosque de Chichicastenango.

Estoy profundamente convencido de que la tradición de este pigmento está prácticamente perdida entre los descendientes de los Mayas que viven en Guatemala y México y al preguntar a gente común medianamente informada os cuentan con satisfacción la ingenua historia de “que ese color es uno de los secretos heredados de los grandes sacerdotes de hace muchos siglos que los indios del bosque guardan y que los Norteamericanos, por deseado para pintar sus buques y sus satélites, están dispuestos a pagar mucho dinero si les dicen como se hace”, todo lo cual creo que es también testimonio de los muchos años y esfuerzos que los investigadores estadounidenses han dedicado a esclarecer un misterio que, si

no en su técnica sí en su verdad, sigue guardando celosamente la Historia.

## 5. CONCLUSIONES

1. El haber liberado, aislado e identificado índigo en todas las muestras de Azul Maya estudiadas, unido a los demás datos que figuran en nuestro estudio, nos permite situarlo como un pigmento azul o verde que es fundamentalmente un complejo de Atapulgita y Añil estabilizado por la acción del calor. La identificación de los componentes materiales que le son fundamentales puede efectuarse con el siguiente esquema analítico:

### PIGMENTO AZUL O VERDE <sup>32</sup>

Se trata con CIH concentrado (durante varias horas si la muestra fuese muy compacta). Centrifugar y filtrar.

#### Pigmento Azul

Se lava con varias porciones diferentes de alcohol etílico absoluto. Centrifugar y filtrar.

1. Disolución ácida amarilla. Se elimina el ácido por evaporación y se estudia el residuo con las técnicas normales de cromatografía y espectrografía I.R. previa separación de las sales inorgánicas presentes.

#### Pigmento Azul

Se trata con cloroformo ligeramente caliente durante 48 h. o más. Centrifugar y filtrar.

#### Pigmento Azul

Se determina Atapulgita por difracción de Rayos X y / ó microscopía electrónica. El grado de cocción se precisa mediante el análisis térmico.

(2) Disolución alcohólica con componentes semejantes a (1).

(3) Disolución azul en la que se puede identificar índigo por espectrografía de absorción I. R.

2. El Azul Maya ha sido utilizado con profusión en gran parte de Méjico y Centro América, al menos desde el período llamado Clásico de la Cultura Maya hasta nuestros días, para decorar gran variedad y cantidad

de objetos y ofrendas, para la elaboración de cuentas de collar y, sobre todo, en pintura mural, pintura de caballete e iluminación de códices.

3. En la muestra que apareció en Tlatelolco junto a los incensarios policromados, también hemos podido identificar, dentro del pigmento, tierra de diatomeas y un derivado de la resina de copal Protium Copal.

4. La técnica de fabricación, si bien se basa en el hecho de calentar una mezcla de Atapulgita y Añil, es una operación que pudo estar relacionada con un sentido ritual, con un conocimiento de la gran calidad técnica del pigmento obtenido o quizás no era más que un método de adulteración del Añil, pero también es cierto que, en este último caso, no concuerda el hecho de que siempre se empleara la Atapulgita, siendo precisamente a ella a la que el pigmento debe sus buenas propiedades.

5. El pigmento azul fabricado por los indios Seri de Sonora (Méjico) por maceración en medio acuoso de resina de Guayaco y una arcilla montmorrillonítica, debe su color al sexquiterpeno dicíclico denominado Guayazuleno (dimetil-isopropil-azuleno), y se puede excluir la filiación pretendida con el Azul Maya.

### A título personal

Poco a poco, en los últimos años, se ha ido profundizando en el misterio del Azul Maya y algunos de sus secretos van rindiendo utilidad en la vida moderna: el complejo Atapulgita-índigo, calentado a 190° C, tiene tanta solidez como el Azul Maya y también vemos como la eficacia del pigmento como dato para la cronología histórica o para demostrar la autenticidad de determinada obra en el comercio de las antigüedades, va perdiendo valor.

A lo largo de nuestro estudio, nos hemos sentido arrastrados más y más por la investigación de las costumbres y la mentalidad de estos pueblos americanos, un campo tan

apasionante y del que esperábamos tanto, que ha hecho peligrar en múltiples ocasiones el espíritu realista que nos animaba en los comienzos. Pero, a título personal, queremos también decir que todo esto que queda escrito no supone más que la historia simple y escueta de aquello que los métodos científicos de examen nos han permitido saber del Azul Maya y no dudamos que detrás se encierra todo un riquísimo venero de leyendas, de mitos, de religiosidad y de arte que están sólo al alcance de la imaginación de quienes sepan captar cuanto de vivo y de verdadero hay en los vestigios culturales que guardan las propias ciudades abandonadas de los Mayas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Conscientes de la dificultad que encierra el problema que nos ocupa, no hemos dudado en pedir ayuda a cuantas instituciones y especialistas pudieran dárnosla, esforzándonos en interesarles por el tema y suministrándoles cuantas muestras y datos conseguía por la, sin duda, privilegiada situación como Experto Consultor de la UNESCO en el Centro Latino-Americano de Estudios para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales en México, D. F. (Misiones- 1966 -un mes-, 1967 -2 meses-, 1968 -dos meses-), en donde su Director Manuel del Castillo Negrete me ha procurado, sin escatimar los medios para conseguirlo, el contacto con Arqueólogos tan destacados como Alfonso Caso y Carlos Margain, el acceso directo a las reservas del Museo Nacional de Antropología e Historia, la posibilidad de hacer en los laboratorios de los Centros "México-Unesco" y "Paul Coremans", el estudio científico de numerosas obras que suscitaban nuestro interés y el poder conocer y estudiar por primera vez "in situ" los monumentos Mayas de Yucatán acompañado por el propio Subdirector del Centro Manuel Carballo y personal especializado. Entre las instituciones y especialistas que han aportado

datos a nuestro estudio debemos señalar:

- Raquel Ríos García, especialista en Difracción de R. X., Jorge Rivera Avila, especialista en Espectrografía de Emisión y otros compañeros de trabajo de la Comisión Nacional de Fomento Minero, México D. F., que nos han dedicado parte de su tiempo y conocimientos para el control de muestras de "Azul Maya".
- Dr. José Herrán, de la División del Doctorado de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Dr. Gómez Lara, Instituto de Química de la U. N. A. M.
- Institut Royal du Patrimoine Artistique. Bruselas.
- Dr. M. Montavón y Dr. Fürst de Hoffman. La Roche & Cie. Basilea.
- Dr. J. Madroño, del Centro Nacional de Química Orgánica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (c. S. I. c.) Madrid.
- Dr. J. Alonso, del Instituto de Edafología del C. S. I. C. Madrid.
- Dr. R. Alvarez Ossorio, Catedrático de Química Orgánica de la Universidad de Madrid.
- Drs. F. Alvarez y R. Cellini, División de Química de la Junta de Energía Nuclear. Madrid.

A mis colaboradores más directos Luis Torres y Alejandro Huerta Carrillo, del Laboratorio del Centro de Estudios para la Conservación de Bienes Culturales "Paul Coremans" del INAH, México D. F.; Gloria Vera, Jefe del Laboratorio del Centro Latino-Americano de Estudios para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, México-Unesco, México, D. F.; María Socorro Mantilla, Andrés Escalera Ureña, Alberto Recchiuto y a Margarita Manzano, del Laboratorio del Instituto Central de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología de Madrid, un agradecimiento muy especial en reconocimiento de una labor bien realizada.

## RÉSUMÉ

Ayant pu isoler et identifier l'Indigo dans tous les échantillons du pigment étudiés, en même temps que beaucoup d'autres données analytiques, les unes déduites de l'examen de trois spécimens avec des caractéristiques particulières, et les autres, des documents de l'époque de la Conquête, nous pouvons démontrer que le Bleu Maya est un complexe d'Atapulgite et Añil, stabilisé par la chaleur, son processus de fabrication ayant un rapport, très probablement, avec un sens rituel. Le contrôle de nombreux échantillons a permis de voir que le Bleu Maya a été utilisé avec profusion, dans une grande partie du Mexique et de l'Amérique Centrale, au moins depuis la période dite Classique, de la Culture Maya, jusqu'à nos jours, pour décorer grande variété et quantité d'objets et d'offrandes, pour l'élaboration de grains de collier et surtout, en peinture murale, peinture de chevalet et illumination de Manuscrits. Pour isoler l'Indigo du Bleu Maya, on propose dans ce travail un schéma analytique consistant à traiter les échantillons avec de l'acide chlorhydrique concentré et froid, laver avec de l'alcool et extraire le colorant avec du chloroforme légèrement chaud. La prétendue filiation avec le Bleu Séri est exclue, étant donné que ce dernier pigment doit sa couleur au sesquiterpène bicyclique diméthyl-isopropyl-azulène.

## ABSTRACT

Having been able to isolate and identify Indigo in all the studies of the pigment samples, together with many other analytic data, some deduced from the examination of three specimens with very particular characteristics, and others from the writings of the Conquest epoch, it has permitted the demonstration that the Maya Blue is a composition of Atapulgite and Añil being stabilized by the heat and having relationship, very probably its process of fabrication with a ritual meaning. The control of many samples has permitted us to know that the Blue Maya has been used with profusion in great part of Mexico and Central-America, at least since the so called "classic period of the Maya Culture" until our days, to decorate a great variety and quantity of objects and offerings, for the elaboration of beads of necklace and most of all in mural paintings, easel paintings, and in the illumination of manuscripts. We propose in this work, to isolate Indigo in the Blue Maya, an analytic plan, it consists in treating the sample with hydrochloric acid concentrated and cold, wash with alcohol and extract the coloring with slightly hot chloroform. The pretended filiation with the Blue Seri is excluded, given that this last pigment owes its color to the 7-Isopropyl-1,4-dimethyl azulene (Guaiazulene). ■

## NOTAS

1 En la zona meridional del Estado de Chiapas frontera de México con Guatemala, está Bonampak que se ha dado en llamar la "Capilla Sixtina Maya".

2 H. E. Merwin "The Temple of the Warriors at Chichen Itzá, Yucatán" Carnegie Institution of Washington Publication 406 (1931).

3 R. J. Gettens "Identification of Pigments on Fragments of Mural Paintings from Bonampak, Chiapas, Mexico", suplemento a la obra: Ruppert, K., Thompson, J. E. S. y Proskourakoff, T.: "Bonampak, Chiapas, Mexico", Carnegie Institution of Washington, Publication 602 (1955).

4 R. J. Gettens "Maya Blue, a Unsolved problem in Ancient Pigments". American Antiquity, Vol. 27, núm. 4 (1962). (En algunas ocasiones el autor encuentra. Atapulgita-Sepiolita).

5 A. O. Sheppard, and H. B. Gottlieb. "Maya Blue: Alternative Hypotheses" en Notes from a Ceramic Laboratory núm. 1 (1962). Carnegie Institution of Washington.

6 M. B. Moser: "Seri Blue". H. W. Peirce: "Seri Blue: an explanation", The Kiva, vol. 30, núm. 2 (1964).

7 H. van Olphen "Maya Blue: a clay-organic pigment?". Science, 154 (1966), págs. 645-646. Washington.

8 R. Kleber, L. Masschelein-Kleiner et j: Thissen. "Etude et identification du Blue Maya". Etudes de Conservation. Vol. 12, núm. 2 (1967), págs. 41-56.

9 Con el ácido clorhídrico concentrado los autores informan que se ha producido una decoloración parcial del pigmento a los tres meses de inmersión.

9 bis. Muestras del pigmento azul tomadas personalmente de las pinturas murales en el sitio arqueológico de Iximché Tecpán Guatemala, que se encuentran descritas en la publicación: Guillemín J. E. "Iximché, capital del antiguo reino Cakchiquel", Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, Guatemala, C.A. (1965).

10 Fray Diego de Landa, "Relación de las cosas de Yucatán", Edt. Poma, S. A. México (1959).

Pág. 99: "... lo que pretendían, después de juntos en el templo y hechas las ceremonias y sahumerios como en las fiestas pasadas, era untar con el betún azul que hacían, todos los instrumentos de todos los oficios...".

- Debemos también señalar que el azul era el color con el cual eran pintados la gente y otras ofrendas, antes de ser ofrecidas en sacrificio, al dios Huitzilopochtli que es el Tezcatlipoca Azul y, este color parece ser que está también asociado con uno de los puntos cardinales.

11 La posible existencia de Azul Maya en estas pinturas, nos fue sugerida inicialmente por el Ingeniero Luis Torres del Centro "Paul Coremans" del INAH,

México, quien, también en comunicación verbal, había transmitido sus observaciones a R. D. Buck (Newsletter, Intermuseums Conservation Association, Allen Art Building, Oberlin, Ohio) y a los autores de la publicación "Juan Gerson, Tlacuilo de Tecamachalco" (Departamento de Monumentos Vol. 10, núm. 16 (1964), INAH, México) quienes, en su capítulo de materiales han malinterpretado posiblemente los resultados analíticos suministrados por el laboratorio.

12 Manuel del Castillo Negrete. "Las pinturas murales del Convento de Epazoyucan, Hgo.", en Boletín del INAH, núm. 16, junio (1964) México.

13 Lámina delgada de la muestra impregnada con metacrilato de metilo monómero empleando como catalizador el peróxido de benzoilo al 0,02 %.

14 En el azul de la decoración de las cerámicas hemos encontrado diatomeas sin colorear (ver figs. 13 y 14); se nos presenta como lógico que al preparar el pigmento para pintura se mezclen los estratos que acabamos de señalar.

15 Granos birrefringentes que forman láminas o aglomerados de fibras a extinción rotatoria; mineral biáxico negativo a 2 V media a gran  $n_p < 1,547 < n_g$ . (tomado de 8).

16 Análisis efectuados en el Instituto de Química de la U. N. A. M. México, D. F.

17 Señalemos a este respecto la obra: Pierre Bourrelly "Les Algues d'eau douce" 2 vols., Edt. N. Boubée & Cie. París (1968).

18 Análisis efectuados en la Comisión Nacional de Fomento Minero. México, D. F.

19 Pese a la atención prestada, no nos ha sido posible detectar Indigo en las muestras estudiadas por este procedimiento analítico. Análisis efectuados por la Comisión Nacional de Fomento Minero. México, D. F.

20 Sylvanus G. Morley. "La civilización Maya" (5.ª edición española). Edt. Fondo de Cultura Económica, México (1965). Pág. 246. "El uso del incienso era parte indispensable en toda ceremonia religiosa. El incienso que quemaban era principalmente el copal (pom), una resina extraída del árbol de copal (Protium copal), que es muy común en toda la península de Yucatán. Hacían grandes plantaciones de árboles de copal, pues éste era un artículo que alcanzaba alto precio y que era objeto de mucho comercio".

21 A. M. Tozzer: "Chichén Itzá and its cenote of Sacrifice. A comparative study of contemporaneous Maya and Toltec" Mem. Peabody Mus. Arh. and Ethnol, Harvard Univ., Vols. 11 y 12. Cambridge (1957).

22 Guayaco. Guajacum de Linneo comprende plantas de la familia de las zigofiláceas; se incluyen unas cuatro especies de la América del Norte cálida y Sur



Ecuatorial; el "Guajacum Partifolium" y "Guajacum Coulteris" viven en Méjico.

23 M. Gordon. "The Azulenes". Chemical Reviews. Vol. 50, págs. 127-200 (1952).

24 Plattner and Pfau. Helv. Chim. Acta 20, 224 (1937).

25 Azuleno. Azul p. f. 99° C. abs. máx. 699, 633, 580 m,  $\mu$ .

26 Azuleno - 5 ácido carboxílico, p. f. = 206-207° C.

Azuleno - 6 ácido carboxílico, p. f. = 225-227° C.

27 Ya en 1962, Gettens (4) se pregunta si el color del pigmento Azul Tekax, que él suponía entonces inorgánico, estaba reforzado con índigo.

28 Abelardo Carrillo y Gariel. "Técnica de la Pintura de Nueva España" Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Estéticas. Imprenta Universitaria (1946) México.

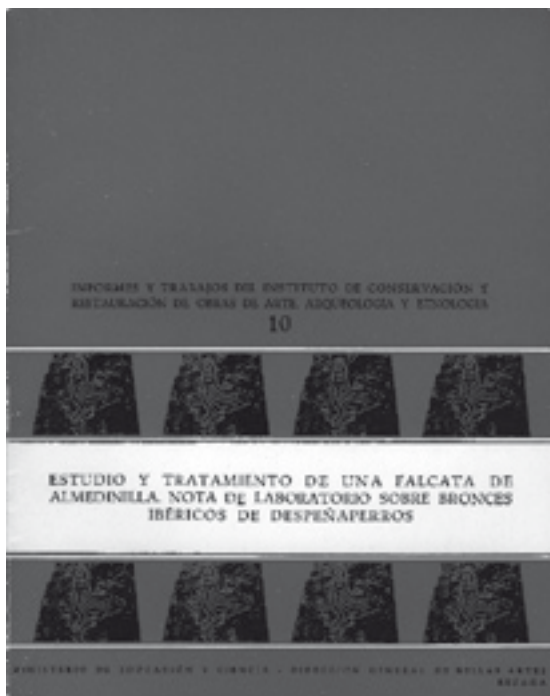
29 En la traducción hecha por García Icazbalceta de "Viajes de los ingleses a la famosa ciudad de México y a todas o la mayor parte de las otras principales provincias, ciudades, etc." se ve que Roberto Tomson viajó en 1555.

30 Fray Bernardino de Sahagún (Siglo XVI), "Historia General de las cosas de la Nueva España", Edit. Forma, S. A. México (1956).

31 Coremans, Paul, "Les peintures murales Mayas de Bonampak", Mission UNESCO, avril 1964, U. N. E. S. C. O., Fans, diciembre 1964.

32 Disponiendo de sistemas adecuados para el análisis de micromuestras en el espectrógrafo 1. R. (nosotros utilizamos el modelo 257 de Perkin-Elmer) este esquema analítico, a excepción del análisis térmico, ha sido desarrollado a partir de muestras del orden de  $10^{-4}$  gramos.

## 4.2 Nota de laboratorio sobre el examen y el tratamiento de conservación aplicado a unas figurillas ibéricas de bronce procedentes de Despeñaperros.



### INTRODUCCIÓN

La conservación de los bronce antiguos, que continúa siendo uno de los problemas más graves en los Museos, constituye una de nuestras preocupaciones permanentes. Los exvotos ibéricos de Despeñaperros, como cualquier otro material antiguo procedente de excavaciones arqueológicas, han sufrido en el curso de su envejecimiento una transformación más o menos profunda de la materia original que, dependiendo del poder de resistencia específico de la aleación y de la naturaleza, intensidad y duración de los factores degradativos, ha actuado modificando su aspecto y su estructura con una de las genéricamente llamadas "pátinas de agua". En la actualidad y como consecuencia de los casos que hemos examinado (Reg. Gral. ICCR. núms. 1266 al 1286 y Reg. LQ. 24 al

27),<sup>1</sup> se pueden establecer dos grandes grupos en cuanto a la composición y estructura de la materia que los compone y presentan una serie de características internas y externas que les son propias y en las que, por tanto, debe basarse el tratamiento que para su conservación se les aplique que de acuerdo con nuestra conclusión principal es el mismo para todos los casos estudiados. La presente nota está dedicada a dos casos representativos del conjunto estudiado y están inventariados en el M. A. N. con los números 28693 y 37674 respectivamente; para una mayor simplicidad en la exposición, aparecen en el texto representados por las letras A y B (fig. 1 y 2).



- OXIDO CUFROSO
- △ MALAQUITA
- SULFATO BASICO COMPLEJO DE PLOMO Y COBRE

Fig. 3. Representación en esquema del estado de la superficie de un exvoto ibérico.

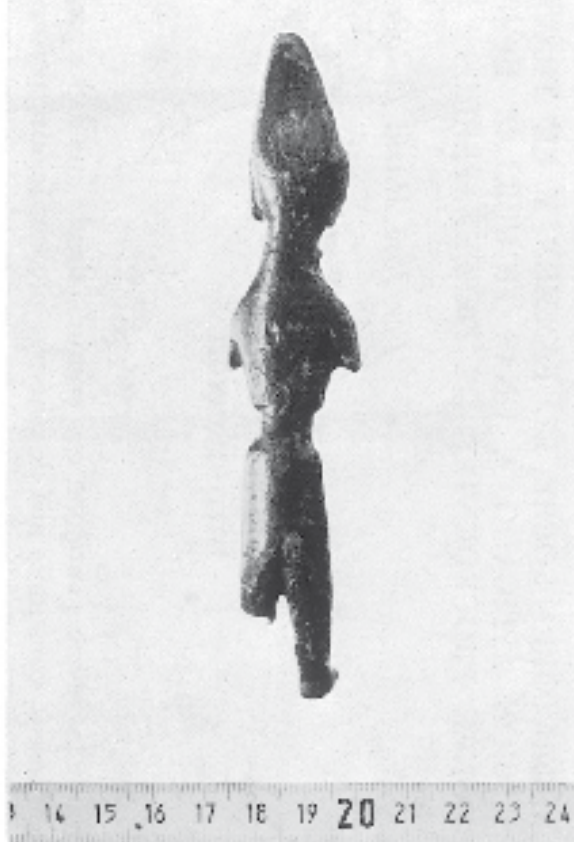
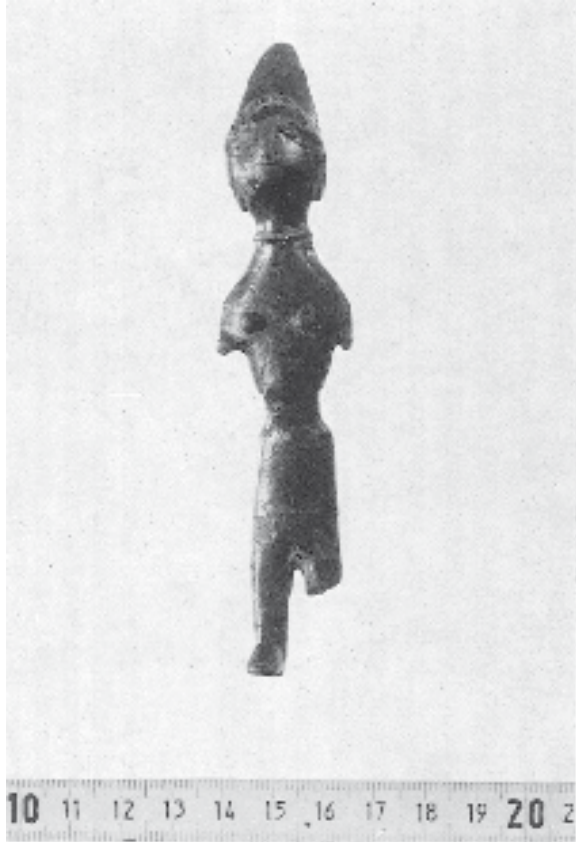


Fig. 1. A. "Figura femenina con mitra" procedente de Despeñaperros, num. Inventario M.A.N. 28693. alt. 12,5 cm oesi 123,332 grs. Negativos nums. 2079 y 2082/68.



Fig. 2. B. "Figura femenina con el brazo roto" procedente de Despeñaperros, num. Inventario M.A.N. 37674. alt. 12,7 cm oesi 107,210 grs. Negativos nums. 2085 y 2086/68.

## EXAMEN

A.: "Figura femenina con mitra", núm. de Inventario M. A. N. 28693, altura 12,5 centímetros y 123,332 grs. de peso, la piedad izquierda aparece rota y no tiene brazos. Presenta una pátina color verde oliva muy fina y pulida, recubierta en amplias zonas por depósitos terrosos (Hierro abundante) y en diferentes lugares está desconchada dejando ver una zona interior verde clara, pulverulento y de un espesor mucho más considerable.

El análisis microquímico nos indica que el metal es una aleación de Cobre con bastante Estaño y mucho Plomo y que la pátina está constituida fundamentalmente por ácido metaestannico tintado en verde por sales de Cobre, Malaquita y Sulfato básico complejo de Cobre y Plomo en su mayor parte. No contiene Cloruros. En la fig. 3 se representa en esquema lo observado en los análisis estratigráficos que demuestran una acumulación de Sulfatos en la superficie, una distribución más o menos regular de la Malaquita en el seno del ácido metaestannico y la presencia de algunos cristales de óxido cuproso rojo en las zonas más próximas al metal.

El análisis metalográfico <sup>2</sup> nos revela una pátina penetrante, que garantiza la antigüedad de la pieza, con fuerte corrosión intercrystalina siguiendo las dendritas (ver fig. 4), y la masa interna del metal sin ningún síntoma de alteración. El ataque metalográfico con Cloruro de Cobre amoniacal pone de manifiesto una estructura dendrítica bruta de colado en la solución sólida de los metales constituyentes (ver fig. 5).

Los resultados del análisis espectro gráfico semicuantitativo que se detallan más adelante, nos garantizan la existencia de otros elementos metálicos cuyo contenido se ha revelado como especialmente útil para el estudio comparativo de los distintos objetos.

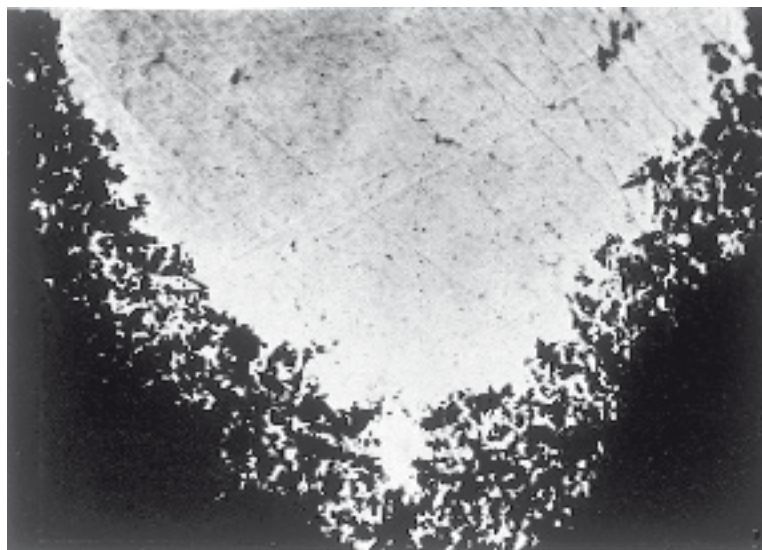


Fig.4. Objeto A: Microfotografía 47 x sin ataque metalográfico que demuestra una pátina penetrante con corrosión intercrystalina siguiendo las dendritas (c) A.C.L. Bruxelles. Num. de negativo del I.R.P.A.L. 4028.E

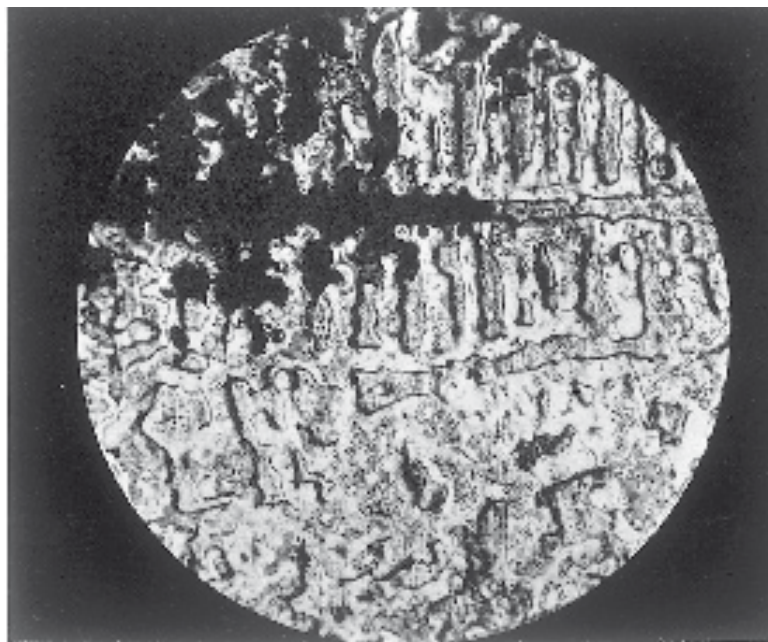


Fig. 5. Objeto A: Microfotografía 270 x el ataque metalográfico con cloruro de cobre amoniacal revela una estructura dendrítica bruta de colado en la solución sólida de los metales (c) A.C.L. Bruxelles. Num. de negativo del I.R.P.A.L. 4032.E

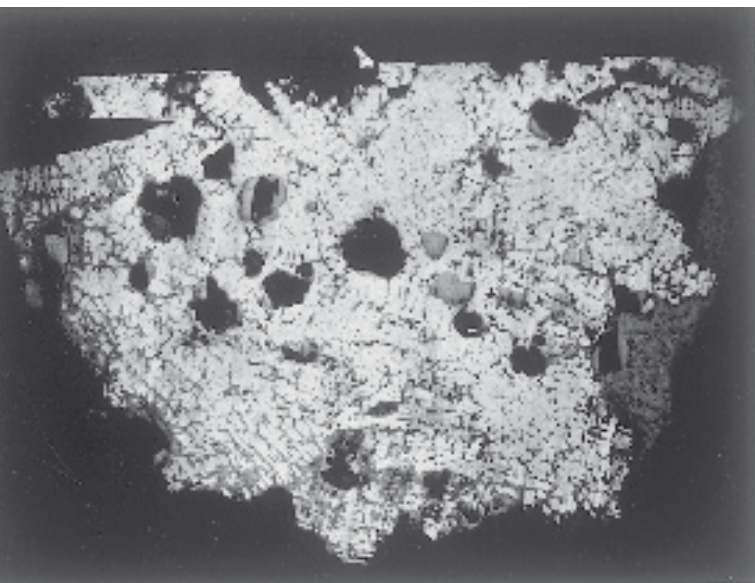


Fig. 6. Objeto B: Microfotografía 88 x sin ataque metalográfico. Corrosión muy importante que hace visible la estructura dendrítica del metal. Negativo Num LQ/406.

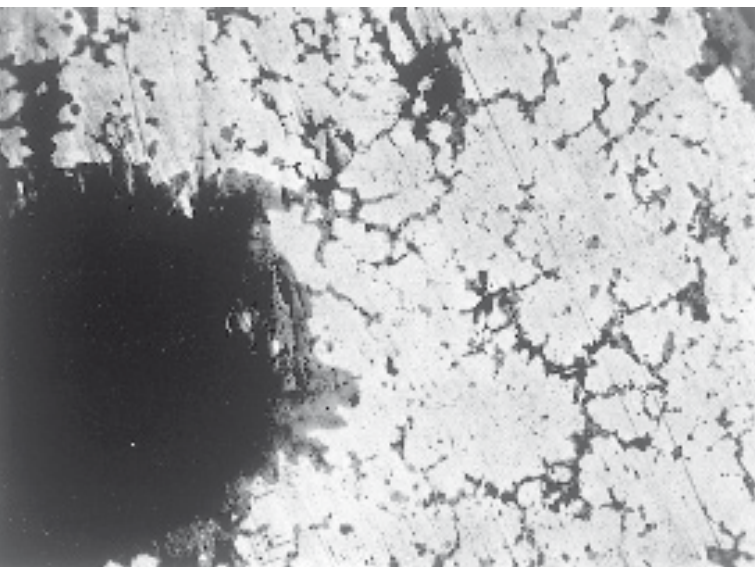


Fig. 7. Objeto B: Microfotografía 259 x sin ataque metalográfico. Los filamentos de corrosión intercrystalina hacia los bordes y alrededor de las cavidades que aparecen en la pátina, son también visibles dentro del metal. Negativo Num LQ/408.

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,015
CaO	0,0045	<0,001
CoO	0,05	<0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,0045	<0,0045
CuO	>2,5	2,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,7	>0,009
MgO	0,01	0,0015
MnO	0,004	<0,001
Na <sub>2</sub> O	<0,1	<0,1
NiO	0,04	0,04
PbO	>2	>2
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,55	0,15
SiO <sub>2</sub>	0,5	0,04
SnO	>2,5	>2,5
TiO <sub>2</sub>	<0,015	<0,015
ZnO	<0,1	<0,1

Análisis espectrográficos<sup>3</sup> semicuantitativos de las aleaciones, calculados como óxidos. Es muy significativa la presencia de los mismos elementos y las proporciones similares en que se encuentran el Cobre, Plomo, Estaño, Cromo, Sodio, Niquel, Titanio, Zinc y también el Calcio, Cobalto y Manganeseo; es necesario señalar la diferencia notable que se acusa en los contenidos en Aluminio, Hierro, Magnesio, Antimonio y Silicio.

B.: "Figura femenina con el brazo izquierdo roto", núm. de Inventario M. A. N. 37674, altura 12,7 cms. Y 107,210 gr. de peso. El estado de conservación en general es malo, habiéndose perdido gran parte de las formas y detalles; la pátina es pulverulenta y de un color verde claro, presentando numerosas oquedades en toda la superficie del objeto muchas de ellas con una profundidad apreciable; sólo en zonas muy limitadas de la superficie se conserva una capa fina más compacta, pulida y de color verde oliva situada sobre la que ya hemos descrito como menos consistente.

El análisis microquímico nos indica que el metal es una aleación de Cobre con fuerte proporción de Estaño y mucho Plomo y que la pátina es a base de ácido metaestannico tin-

tado con sales de Cobre, muy rica en Sulfato básico de Cobre y Plomo en las pequeñas zonas más coherentes de color verde oliva y con trazas de Carbonato básico de Cobre (Malaquita) en toda la masa. Carece de Cloruros.

El análisis metalográfico (ver fig. 8) nos revela un metal fuertemente corroído, que hace visible la estructura dendrítica de fundición (fig. 6), con filamentos de corrosión intercrystalina hacia los bordes y alrededor de las cavidades que también aparecen dentro mismo del metal (fig. 7) y que corresponden al fenómeno conocido como "galleo del bronce" debido a que el metal fundido contenía muchos gases.

El análisis espectrográfico de la aleación nos suministra los resultados que aparecen en el cuadro comparativo.

## CONSERVACIÓN

### Generalidades.

Son muchos y muy variados los problemas que plantea la conservación de las antigüedades y obras de arte en bronce, no sólo derivados de la composición y estructura propia de la obra original sino también de los productos de la corrosión del metal según el medio en que han vivido, las condiciones climáticas de los Museos y colecciones en que se encuentran y también, otras muchas veces, de los tratamientos poco o mal estudiados de que han sido objeto modernamente. La alteración hace que se produzca en la superficie de la aleación un acúmulo de los productos de transformación de los metales que constituyen en toda su complejidad la "Pátina" y que en el caso de los bronce y atendiendo a su estabilidad se ha dado en dividir en "malignas" y "nobles" según que contengan o no Cloruros en su composición...

El criterio que guíe la metodología de tratamiento propia a cada uno de los casos que se

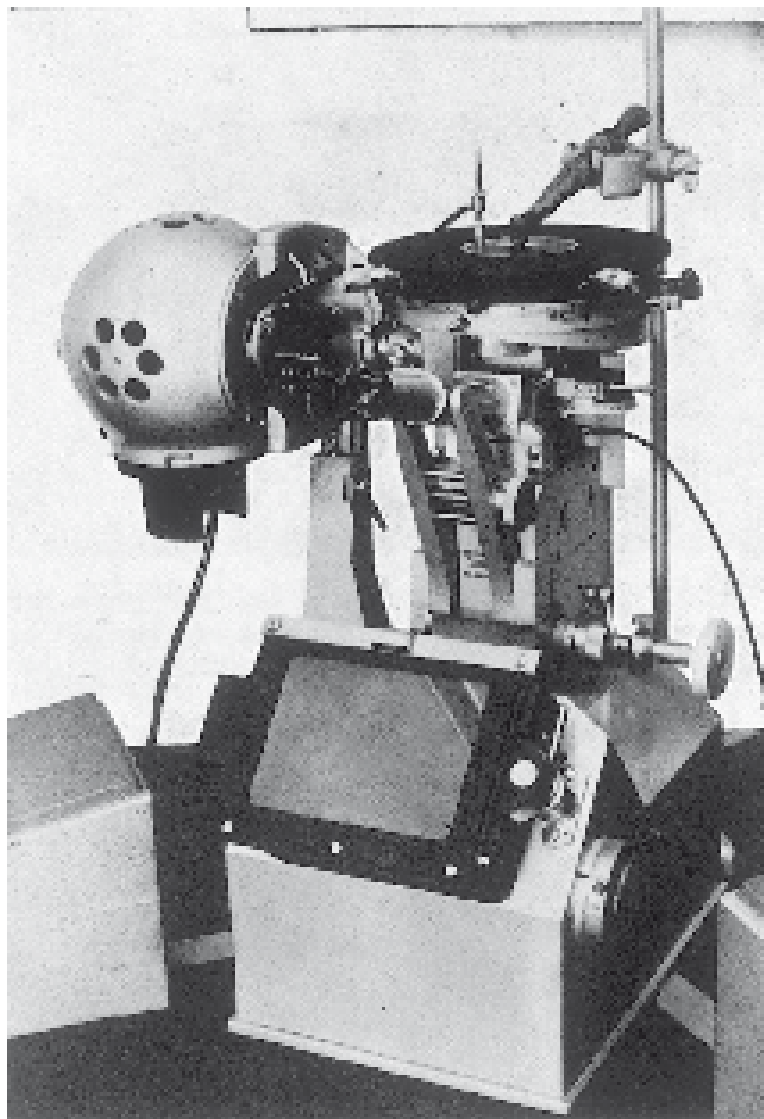


Fig. 8. Para el estudio metalográfico realizamos preferentemente la preparación directamente sobre la pieza, estudiando las características del metal y de la patina a distintas profundidades. La figura muestra la pieza B dispuesta sobre el microscopio metalográfico Reichert "MeF" equipado con lámpara de Zr. neg. num. 2078/68

nos presenten, variará también y fundamentalmente de acuerdo con los múltiples aspectos más significativos que la obra pueda tener en tanto que documento histórico y testimonio del Arte, la Cultura, la tecnología, etc., de una civilización pretérita, pero siempre estará basado en un estudio, tan profundo como sea posible, que una y confronte el máximo de los elementos de apreciación que podamos conseguir pues, repitámoslo, en el estado actual

de la Ciencia y la Técnica de Conservación y Restauración de los Bienes Culturales, cada obra tiene que ser considerada para su tratamiento como un caso de especie.<sup>4</sup> Los intentos realizados para extraer normas más generales de tratamiento, sólo tienen en cuenta, más o menos científicamente, los problemas que se derivan de la materialidad del objeto y de la pátina y es nuestra intención clasificarlos en resumen dentro de las demasiado rígidas formas siguientes:

A) El primer paso sería limpiar los objetos convenientemente, despojándolos de las incrustaciones de tierra, sales, grasa, etc., que generalmente llevan adheridos ya sea por motivo mismo de su permanencia en el suelo, ya sea por haberlos tocado con las manos o incluso por haber sido tratados por inmersión en un baño de grasa fundida, técnica esta muy utilizada antes en las "cocinas" de los talleres de los Museos. Estas incrustaciones, cuando el estudio anterior al tratamiento prueba que carecen de valor documental o de otro tipo, se deben eliminar utilizando un disolvente, como por ejemplo el Xileno, ayudándose con la acción mecánica de un cepillo de cerda suave.

B) Si la pátina es en su totalidad o, al menos en su mayor parte corrosiva, o bien, aunque en casos muy excepcionales, si el interés de la obra radica en los motivos que hay ocultos, motivos que los métodos de examen general o especial tales como los radiográficos y similares, no pongan suficientemente de manifiesto y, en ambos casos, si el responsable directo de la obra, propietario, Director o Conservador de Museo, etc..., así lo solicita, se debe proceder a la eliminación total de la pátina. La bibliografía<sup>5</sup> recomienda numerosos métodos químicos fisicoquímicos y mecánicos para conseguir este fin, pero la experiencia nos ha demostrado que, al igual que en la gran mayoría de los objetos artísticos y culturales, los resultados sólo son buenos si se utilizan

los métodos de laboratorio como auxiliares imprescindibles de los métodos de limpieza mecánicos pues complementan la mano hábil del Restaurador experto y con sensibilidad facilitando y haciendo mejores los resultados obtenidos. Estos métodos de laboratorio se suelen dividir en 1) métodos que utilizan disoluciones de ácidos, 2) métodos que utilizan disoluciones de álcalis, 3) métodos electroquímicos, 4) métodos electrolíticos, 5) métodos con reactivos potencializados con ultrasonidos, encontrándose descritos con suficiente precisión en obras generales como la de H. J. Plenderleith,<sup>6</sup> R. M. Organ<sup>6 bis</sup> y T. Stambolov<sup>7</sup> quienes además dan las suficientes precisiones para su elección y uso basándose en datos objetivos no muy complejos que cualquier laboratorio puede suministrar. En todos aquellos casos en que sea necesario o conveniente eliminar la pátina de un bronce, es igualmente necesario lavar con varias porciones de agua destilada a ebullición todos los restos de los reactivos químicos empleados, secar convenientemente el objeto y preservar el metal mediante un tratamiento efectivo que disminuya al máximo la nueva corrosión futura, teniendo especial cuidado en evitar lo que pudiera interpretarse como "falsa pátina" ya sólo sea por la estabilidad misma de la pieza, pues es sabido que las recetas que abundan a este respecto suelen basarse en el ataque directo con sales del ácido clorhídrico. Para el fin de preservación que nos interesa se han propuesto numerosas recetas a base de Bicromato de potasio,<sup>8</sup> de Nitrito de dicitloexilamina,<sup>9</sup> de Naftaleno o de ácido Esteárico,<sup>10</sup> ácido Acético y aceite de oliva,<sup>11</sup> etc., pero sólo nos atrevemos a recomendar como más prudente, efectivo y duradero, la impregnación en caliente. con cera de abejas, ceras microcristalinas o parafina según la técnica que Plenderleith explica detalladamente en las páginas 146-48 de la edición española,<sup>12</sup> pudiéndose añadir grafito en polvo para corregir el brillo desagradable

que pudiera resultar de las zonas metálicas o metalizadas durante los tratamientos de reducción.

C) Pero mucho más interesante, desde nuestro punto de vista, es el criterio que debe guiar el tratamiento que para su conservación se les aplique a aquellos objetos de bronce que presentan en su pátina "focos malignos".<sup>13</sup> Es en estos casos en donde debemos tener bien presente que las sales de Cloro están muy probablemente infiltradas no sólo bajo la pátina noble sino también entre los cristales mismos del metal y que el "foco" es una manifestación externa debida a que en ese punto hay mejor acceso de la humedad del ambiente sin la cual el proceso de corrosión no sería activo; igualmente es necesario insistir en que existen muchos y buenos disolventes de los Cloruros de Cobre pero la dificultad estriba en llegar a ellos, precisamente por su infiltración en los sitios recónditos de la corrosión intercrystalina del metal y en los poros más o menos grandes y aislados de la pátina. Como en tantos y tantos otros casos de tratamiento de Bienes Culturales, no disponemos de una fórmula simple, segura, duradera, reversible, etcétera..., que se pueda aplicar a todos los bronce, pero sí podemos luchar en los dos frentes más importantes cuya conjunción es necesaria para que existan lo que hemos denominado "focos de corrosión": la presencia de Cloruros de Cobre en contacto con una atmósfera de Humedad relativa (Hr) elevada.

Para estabilizar estas pátinas se han propuesto varios métodos entre los que merecen destacarse el de Organ<sup>14</sup> que propone limpiar bien el "foco" y rellenarlo con Óxido de Plata, el de Thouvenin<sup>15</sup> que propone la exposición del objeto a vapores de amoníaco y el de Dieter Bleck<sup>16</sup> que emplea además una disolución al 40 % de formol lo que da un aspecto oscuro a la pátina, inaceptable desde nuestro punto de vista. Si seguidamen-

te se impermeabiliza la pieza empleando sustancias que, reuniendo las características exigidas para su empleo en Conservación, presenten una barrera lo más eficaz posible a la humedad, entre las que sin ninguna duda elegimos las ceras y parafinas, y ponemos los medios necesarios para que la pieza se guarde en un ambiente de Hr inferior al 55 %, tendremos teóricamente asegurada la preservación hoy por hoy más prudente y efectiva posible y daremos tiempo a que la Ciencia y los Criterios de Conservación y Restauración nos abran nuevos horizontes.

#### TRATAMIENTO APLICADO

Considerando de todo lo anteriormente expuesto que las pátinas de los objetos estudiados no son corrosivas pues no contienen cloruros y que el principal motivo de degradación es debido a la falta de consistencia de su zona intermedia, creemos aconsejable limpiar convenientemente estos objetos, secados e impregnados con cera fundida a fin de consolidar la pátina y proteger el objeto de la humedad. En este sentido y conscientes de que todo tratamiento de conservación debe reducirse al estricto mínimo necesario, hemos procedido en las dos figurillas A y B con la siguiente técnica operatoria:

- lavado con Xileno y un cepillo de cerda suave.
- secado en estufa a 105° C durante dos horas.
- impregnación con cera de abejas fundida.

El control de los resultados obtenidos con este tratamiento se ha realizado ya por un período de cuatro años, hasta el momento con resultados satisfactorios, y nos proponemos continuar la vigilancia periódicamente a fin de obtener el máximo rendimiento de lo que, aceptando la responsabilidad, hemos creído conveniente llevar a la práctica. ■



## NOTAS

1 El 29 de octubre de 1963 y en cumplimiento de 10 dispuesto por el Ilmo. Sr. Director General de Bellas Artes, el Museo Arqueológico Nacional hizo entrega al L. C. C. R. de un lote de 16 muestras de piezas arqueológicas para su estudio y experimentación de las técnicas de conservación más adecuadas. El presente estudio se inició con las cuatro figurillas ibéricas del citado lote bajo la dirección de Mme. Thomas-Goorieckx especialista en metales del Institut Royal du Patrimoine Artistique (Bruselas) y en honor a ella y al Instituto belga hemos incluido algunas de las microfotografías que allí se tomaron utilizando un microscopio metalográfico idéntico al que utilizamos en este laboratorio.

2 La muestra fue tomada en la zona rota de la pierna izquierda y se hizo el montaje por impregnación al vacío con monómero de Metacrilato de Metilo con un 0,02 % de Peróxido de Benzoilo como catalizador, polimerizando en estufa a 55° C. El estudio se ha realizado en un microscopio Reichert modelo "Zetopan-Pol". El examen metalográfico y las microfotografías fueron parte de mi entrenamiento en los dos cursos realizados en Bruselas sobre el Examen Científico y Conservación de los Bienes Culturales y las muestras montadas en polimetacrilato de metilo se guardan en el Laboratorio del I.C.C.R. de Madrid.

3 Análisis efectuados, junto con los correspondientes a las otras figurillas antes señaladas, en la Sección de Espectroscopia de la División de Química e Isótopos de la Junta de Energía Nuclear (J. E. N.) a quienes agradecemos muy especialmente la colaboración prestada.

En la actualidad, el Laboratorio del I.C.C.R. cuenta ya con un moderno equipo de espectrografía de emisión y personal entrenado por la J.E.N., a fin de poder realizar sistemáticamente las numerosas determinaciones de este tipo necesarias para el estudio de los objetos arqueológicos. Así mismo, disponemos en la sección de metales, de pulidoras metalográficas, microscopios especiales tales como los Reichert modelos "MeF" y "Zetopan-Pol con Binolux" equipados con cámaras de pequeño, gran formato y fotoautomática, tres equipos de radiografía capaces de trabajar en el intervalo 5-300 Kv, y pronto el cuadro de especialistas se verá reforzado con la llegada de un Licenciado en Ciencias Químicas que está realizando en Roma un curso de estudio y conservación de metales bajo la dirección del Dr. H. J. Plenderleith.

4 R. H. Marijnissen, "Degradation. Conservation et Restauration de l'Oeuvre d'Art, Editorial Arcade.

Bruselas (1967), capítulo de conclusiones en el Tomo I.

5 La bibliografía más importante se encuentra recogida desde 1943 hasta 1952 en "Freer Abstracts", publicado por la Freer Gallery of Art. Smithsonian Institution. Washington, y a partir de 1953 en su sucesor "Art and Archeology Technical Abstracts" (Abstracts of the Technical Literature on Archaeology and the Fine Arts) publicado por el International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Londres. Más particularmente, la publicación "Studies in Etudes de CONSERVATION" editada desde 1952 por el IIC. en Londres, contiene abundantes trabajos de singular interés en el tema que nos ocupa.

6 B. J. Plenderleith, "The Conservation of Antiquities and Works of Art", Oxford. University Press (1956), Cap. XI. 6 bis R. M. Organ, "Design for scientific conservation of antiquities". Butterworth y Co. London, 1968.

7 T. Stambolov, "The corrosion and conservation of metallic Antiquities and Works of Art", Central Research Laboratory for Objects of Art and Science. Oranje Nassaulaan 16, Amsterdam. Texto policopiado, págs 68-115. (1967).

8 e. Kalauch, "Inf. Klimaschutz", vol. 4, n.º 3 (1956) págs. 91-96. K. F. Lorking, "Nature" n.º 208 (1965) págs. 778.

9 D. Goanta., O. Bodea., I. Varga. "Werkstoffe und Korrosion", volumen 17, n.º 11 (1966), pág. 971.

10 A. V. R. Rao, A. A. Krishnan, "Werkstoffe und Korrosion", vol. 17, n.º 9 (1966), pág. 711. 11 H. Vogel, "Metalloberfläche", vol. 1, n.º 5 (1947), págs. 107-111.

12 Versión española de la obra citada en (6). Instituto Central de Conservación y Restauración. Madrid (1967). Se refiere el autor a los sistemas de impregnación con cera aplicados a los objetos de madera.

13 D. Thomas-Goorieckx, "Examen et traitement d'une tete helénistique..." en Bulletin de l'IRPA, T. II, Bruselas (1960), págs. 52-62, caso que estimamos ejemplar de examen y tratamiento.

14 R. M. Organ, en "G. Thomson" "Recent advances in Conservation" Butterworths, Londres (1963), págs. 104-110.

15 A. Thouvenin, en "Revue Archéologique (Paris)", vol. 2 (1958), págs. 180-182.

16 R. Dieter Bleck, en "Neue Museumskunde", vol. 9, n.º 1 (1966), págs. 47-50.

### 4.3. Estudio de materiales y técnica de la Escultura policromada “Virgen de la Oliva” de Alonso Cano ( siglo XVII español)

Es una escultura en madera policromada realizada para el retablo mayor de la Iglesia de Lebrija (Sevilla) por Alonso Cano hacia 1629\*. Marca un hito dentro de su vida artística, pues es la primera incursión significativa dentro del terreno de la escultura, siendo conocido hasta entonces solamente como pintor. La policromía de la escultura se debe al pintor Pablo Legot, pero los historiadores coinciden en afirmar que su labor fue dirigida por Cano, consiguiéndose de esta manera, la perfecta adaptación policromía -escultura que evidencian la dualidad pintor-escultor del artista \*\*.

La imagen de la Virgen, de 1,83 m de altura, es la presentación arcaizante de la Madre de Dios hecha por Cano, casi como mero trono o soporte, en que reposa El Salvador. La virgen está de pie y ostenta al Niño, que está sentado sobre su mano izquierda, en actitud de mostrarlo al pueblo, mientras que con la mano derecha lo sostiene sujetándole el pañal sobre el muslo izquierdo. Tanto la Virgen, como el niño, miran hacia el frente, no existiendo comunicación anímica entre ellos. Los rostros de ambos personajes son redondeados, más bien aplanados y de ojos muy pronunciados.

La virgen viste túnica de plegado menudo. Está casi completamente recubierta por un manto que le cae desde los hombros, sujeto en un punto en la base del cuello. Dejando el brazo derecho descubierto, se recoge junto a la mano izquierda. El movimiento de esta rica y pesada tela, se resuelve en majestuosos pliegues, que surcan en ligera diagonal la



figura de la Virgen desde los pies, en línea ascendente hasta el punto principal de la composición en que está colocado el Niño. Este paño del manto, es el que ofrece la máxima

\*Está colocada en el cuerpo principal del retablo, del cual es la figura más importante. Las otras piezas escultóricas que existen en el mismo retablo representan a un Crucificado, a San Pedro y San Pablo y a dos angelitos.

\*\* Nótese la diferencia de calidad que existe entre la Virgen de la Oliva y la Virgen con el Niño existente en la Iglesia de Espera, obra que se debe enteramente a la mano de Pablo Legot.

riqueza de técnicas y recursos de policromía dentro de la escultura\*\*\*. La cabeza de la Virgen está recubierta por un velo de plegado menudo que le circunda el rostro.

El Niño se nos presenta casi completamente desnudo, trasuntando toda la energía vital, propia de esa edad. Lleva solamente un paño estrecho, que deslizándose sobre su muslo derecho, cuelga por sus extremos, detrás de las piernas.

### SOPORTE

El soporte es de madera de nogal.

Por las huellas existentes en la policromía, producidas por los movimientos de la madera, se puede aducir que el bloque de la escultura está compuesto por grandes tablones dispuestos en sentido vertical. Las más significativas de estas huellas, que se traducen en la ruptura de la continuidad de la capa de policromía en forma de grietas, se acusan más netamente en el lado izquierdo de la escultura. Una línea atraviesa en cuerpo del Niño. Otra de mayor longitud surca de arriba abajo el ropaje de la virgen, ligeramente por detrás del Niño. La que puede apreciarse más netamente definida, es la que partiendo del hombro izquierdo de la Virgen, llega hasta la altura de los pies de la misma. En la parte posterior izquierda, se advierte una línea corta en el pliegue inferior del manto de la Virgen. La grieta de mayor longitud es la que parte del velo que cubre su cabeza y que atravesándola completamente, llega hasta la base. En el lado derecho de la escultura hay una grieta que se insinúa a todo lo largo del manto en la zona correspondiente a la pierna derecha de la Virgen. Todas estas líneas acusadas en la policromía, manifiestan un marcado paralelismo. Las uniones de las diferentes piezas de madera están reforzadas por trozos de lienzo de lino adheridas.

### LA POLICROMÍA

La policromía se estudio en base a la observación directa de la pieza, complementada por el análisis de muestras tomadas de diferentes zonas de la obra.

Se llegó a la comprobación de que toda la escultura posee una fina capa de preparación que oscila alrededor de las 300 micras de espesor, hecha de yeso y cola. A partir de esta película observamos diferencias en la estructuración de la policromía que corresponde a carnaciones y paños. Estos últimos fueron tratados con una fina capa de bol rojo cuyo espesor es bastante uniforme, siendo alrededor de unas 30 micras. En cambio las carnaciones recibieron una mano preparatoria compuesta principalmente de minio.

### CARNACIONES

Corresponden al rostro y manos de la Virgen, como así también al Niño que se representa desnudo casi completamente. Su tonalidad es más bien oscura. Sobre la preparación, hay un fondo de minio con algo de blanco de plomo. Superpuesto a él, encontramos una capa hecha a base de blanco de plomo entonado con cristales de bermellón, cuyo espesor es de aproximadamente 100 micras. El aglutinante es oleoso.

Sobre las carnaciones hay una fina capa translúcida oscurecida. Por la observación directa de la figura, actualmente se nota una ligera descompensación cromática debida al mayor frontamiento de las partes salientes, que arrastró en parte, la última capa.

### PAÑOS

Corresponden a la indumentaria de la Virgen, que consta de túnica, manto y velo.

La túnica. Se puede entrever apenas, en zonas que quedan descubiertas por el manto

\*\*\* Esta profusión decorativa de las telas irá decreciendo a lo largo de la producción de Cano y es así como veremos en su época granadina, muchas de sus esculturas de pequeño tamaño, recubiertas de paños lisos y monocromos de las que poseemos muchos bellos ejemplos.

que la recubre casi por completo. Es de color blanquecino correspondiéndole una estructura muy simple, pues se advierte sobre la lámina de oro bruñido fijada al bol, una capa de blanco de plomo, con aglutinante oleaginoso. La túnica se encuentra decorada con temas florales estilizados de pequeño tamaño ejecutados en colores rojo y azul, ambos planos.

Todo el conjunto está finamente rayado en sentido horizontal, dejando al descubierto el oro del fondo.

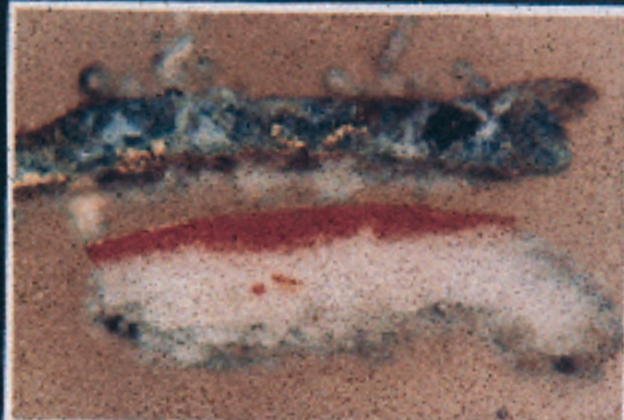
Estructura similar a la túnica, poseen el velo de la Virgen y el pañal del Niño. Aquél es de color blanquecino y está decorado sutilmente con un esgrafiado que deja ver el oro del fondo, mientras que el pañal del Niño, también de color blanquecino, presenta como decoración una cenefa en los dos extremos, con dibujo geométrico estructurado en una serie de bandas paralelas entre sí y a su vez al borde. Este tipo de decoración, incluyendo los temas de la túnica, se repite en el reverso del manto con ligeras variantes como es la introducción de bandas geométricas en línea quebrada de color rojizo.

El manto cubre a la Virgen casi completamente y es de color azul oscuro. La muestra 22 b da una idea de la estructuración de la policromía del manto. Partiendo del soporte de madera, vemos una superposición de capas que corresponden a la preparación de yeso y cola, luego la clásica de bol rojo; a continuación la lámina de oro y luego una de blanco de plomo con cristales de azurita. Sobre esta hay otra de espesor ligeramente mayor compuesta principalmente de cristales de azurita. Sobre ellas una fina capa de barniz oscurecido. En las zonas decoradas con la técnica llamada de la "barbotina" o "brocado de tres altos", la estructuración continúa a partir de la capa azul, con una fina capa blanca y luego con el relieve formado por una masa de color anaranjado hecha a base de minio como principal constituyente y albay-

alde, con aglutinante oleoso. El relieve posee en superficie una capa de blanco de igual naturaleza que los anteriormente citados, a continuación una película de oro y luego una fina capa de barniz, que en las zonas de mayor relieve y por tanto más frotadas, deja trasparentar el blanco que sirve de fondo al oro. todo el manto está profusamente decorado con esta técnica en relieve. El azul que sirve de fondo a tan rica decoración, está a su vez completamente escafado con pequeñas circunferencias y puntos que, dejando el oro al descubierto, confieren al manto un aspecto general de "atmósfera" dorada. Ribeteando todo el manto existe una ancha cenefa, que delimita por dos bandas doradas decoradas con temas geométricos hexagonales irregulares, dispuestos en forma de cadena, posee una zona central de igual color y decoración similar a la del resto del manto. La técnica laboriosa de la barbotina, se observa solamente en la parte frontal y laterales de la figura. Sin embargo en la parte posterior, subsisten los mismos temas, pero realizados en oro plano, con la técnica del estofado corriente (ver esquema)

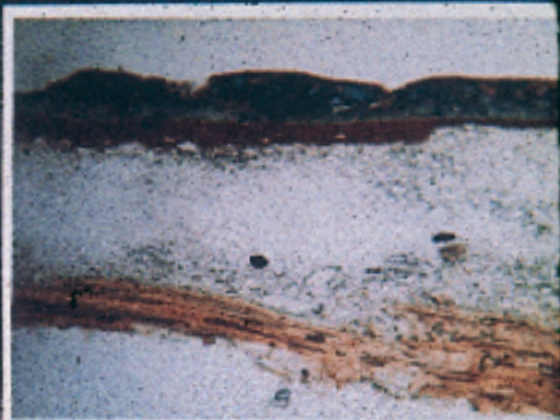
Con los datos recogidos de la observación de varias muestras de naturaleza similar procedentes de diferentes zonas del manto, deducimos que la decoración hecha con la técnica de la "barbotina", es labor de pintura propiamente dicha. Por tanto ésta se aplicó a la escultura después de pintar el manto con su coloración azul.

Pensamos en la posibilidad de que una vez dibujados los temas ornamentales sobre del manto, se hallan esgrafiado las partes planas de rosetones y hojarazcas de la decoración. A continuación se perfilaron en blanco los dibujos que irían en relieve con "barbotina", luego se aplicó el material de relieve aludido anteriormente, que a continuación recibió una capa de pintura blanca y posteriormente oro. La técnica de aplicación de este oro es diferente de la que se usó para dorar el fondo



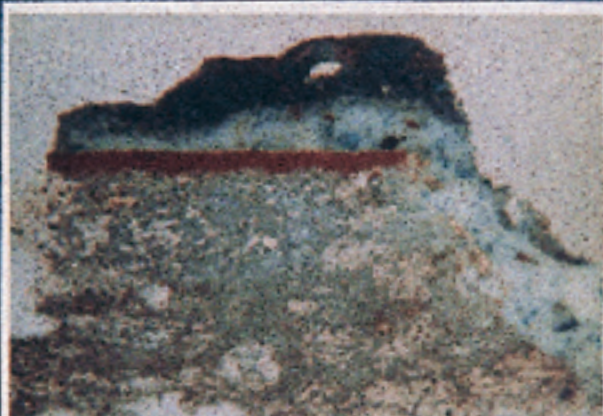
2L/52/64/173/1067.

1645. (140x)



2L/52/64/226/1010

1556. (94)



2L/52/64/156/1009.

1555. (140x)



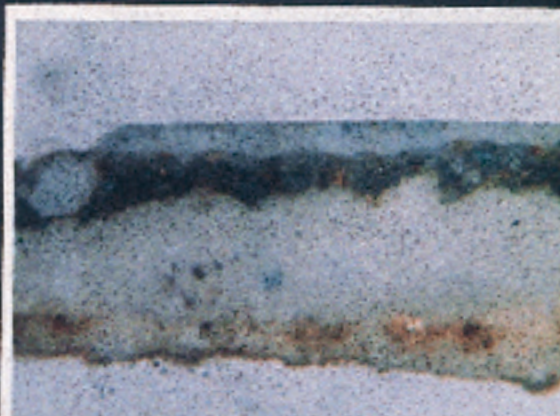
2L/52/64/158/1008

1554. (250x)



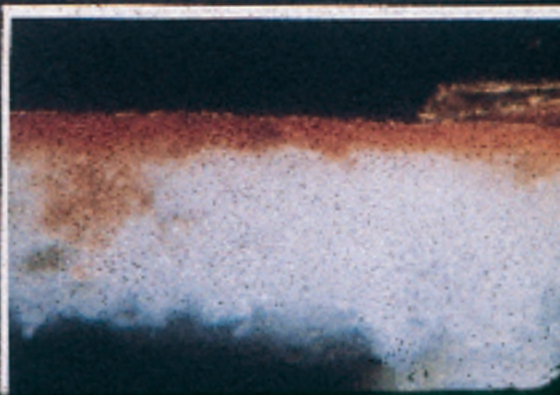
2L/52/64/156/1004.

1551. (250x)



2L/52/64/24/1011.

1557 (250x)



Estudio microscópico de la Policromía.

del manto, pues no lleva bol. Los pequeños círculos y puntos, que completan el fondeado de la decoración del manto, por estar en función de las líneas en relieve, fueron ejecutados después de aquellas.

Existen partes planas esgrafiadas, como se dijo más arriba, que completan el tema ornamental ejecutado con "barbotina". Algunas de ellas adoptan forma de rosetones contruidos en bandas, las que se diferencian por la forma de la línea esgrafiada, que unas veces en recta, otras en forma de muelles, e incluso de pequeños círculos y puntos. En

las muestras analizadas procedentes de unos de estos rosetones, se encontró que existe la estructuración siguiente, a partir del oro que sirve de base al blanco con cristales de azurita, capa que también existe en el resto del manto. A diferencia de este no paso azul oscuro. sino una capa blanca de espesor considerable respecto de las otras, luego la capa entonada con minio y luego oro.

Hay anomalías en algunas de estas muestras en las que se observan láminas de oro, interpuestas entre algunas de las capas descritas y cuya interpretación es confusa. ■

---

## BIBLIOGRAFÍA

Manuel Gómez Moreno: "Alonso Cano, escultor". Archivo Español de Arte y Arqueología VI, 1926. pag. 1-38

Elías Tormo: "Excursión a Lebrija". Boletín de la Sociedad Española de Excursiones, 1918, pag 44 a 53

August L. Mayer: "Pablo Legote". Cultura Española nº 16 (1909). pag 788 y sigs

Del mismo autor: reportorium fuer Kunstwissenschaft, XXXIII, pag 389 y sigs.

Enrique Romero de Torres: Revista de Archivos, 1910.

Conde de Viáza: "Adiciones", T. II pag 330-331

Miguel Mancheño y Olivares: "Curiosidades y antigualas de Arcos de la Frontera, pag. 19 y sig.

Harold E. Wethey: "Boletín de la Sociedad Española de Excursiones 1953, pag 117

Del mismo autor: "Alonso Cano" Princenton University Press (U.S.A), 1955

Del mismo autor: "Alonso Cano pintor". Colección Arte y Artistas, Madrid, 1958

María Elena Gómez Moreno: " Alonso Cano, Estudio y Catálogo de la Exposición celebrada en Granada en junio de 1954. Madrid 1954.

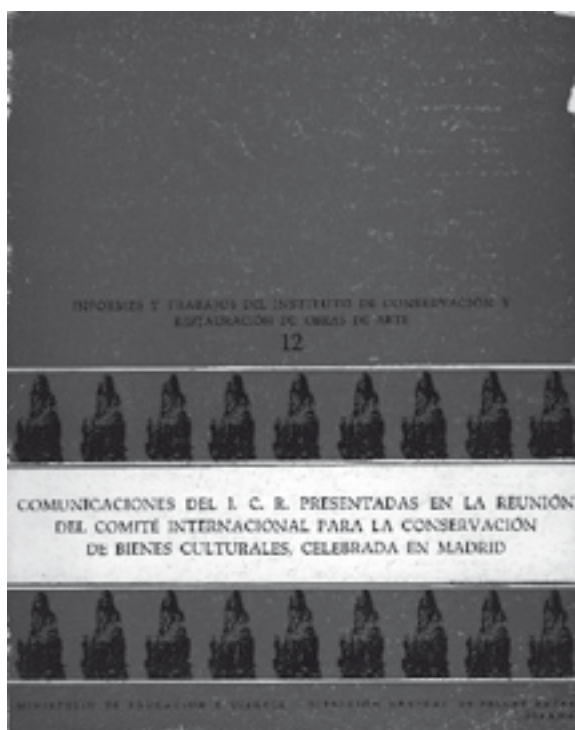
De la misma autora: "La policromía en la escultura española" Public. de la Esc. de Artes y Oficios. Madrid. nº 16 1943.

Autores Varios: "III Centenario de la muestra de Alonso Cano en Granada". Estudios, Catálogo de la Exposición, Textos y Documentos. Patronato de la Alahambra y Genaralife. 1967-68

Domingo Sánchez Mesa Martín: "Técnica de la Escultura Policromada Granadina" Universidad de Grananda, 1971

Marcel Dielafoy: "La statuaire polychrome en Spagne. París, 1908. pag 116-178

#### 4.4. Conservación y restauración de una escultura ibérica en piedra policromada del s. IV a J. C.



##### INTRODUCCIÓN

Denominada ya Dama de Baza en las informaciones hechas públicas, fue descubierta el 21 de julio de 1971 en la Necrópolis Ibérica de Cerro Cepero en Baza (Granada), durante la cuarta campaña de excavaciones dirigida por D. Francisco Presedo Velo. Trasladada a Madrid, el I.C.R. inició a mediados del mes de septiembre <sup>1</sup> los estudios tendentes a programar las operaciones técnicas necesarias, disponiendo la colocación de la obra en una pequeña habitación del Museo Arqueológico Nacional con condiciones climáticas perfectamente controladas.

No disponemos aún de los datos que el Profesor Presedo publicará, pero los detalles fundamentales de la excavación y la situación cronológica de la obra fueron ampliamente

señalados durante la sesión especial celebrada, con motivo del XII Congreso Arqueológico Nacional, en Jaén el 8 de octubre. En la misma sesión del Congreso se estudiaron los informes emitidos por el I.C.R. sobre el estudio de materiales y tratamiento de conservación, <sup>2</sup> viéndose así reunidos y confrontados los distintos elementos de apreciación necesarios para elaborar el programa de trabajo.

La escultura recibió, en el sitio de la excavación, dos tratamientos con goma laca para preservar la policromía que se hacía pulverulenta durante el secado de la superficie; aunque inicialmente esto ayudó a preservarla, luego, al sumarse los distintos mecanismos de alteración y en especial la cristalización de sales solubles, ha supuesto en conjunto una protección de dudoso valor positivo.

##### ESTUDIO DE MATERIALES Y TÉCNICA DE LA POLICROMIA <sup>3</sup>

El soporte. La piedra soporte de la escultura es una caliza microcristalina con 92 % de carbonato de calcio y una fracción silícea de aproximadamente 6 %, constituida, en su mayor parte, por esqueletos de diatomeas. La fracción soluble en agua es inferior al 1 % y está constituida por sulfatos, el de calcio abundante y algo de sodio, careciendo de cloruros y de nitratos. El contenido en agua, siempre refiriéndonos a muestra seca, es de 9 % aproximadamente.

La microscopía óptica de las preparaciones en lámina delgada, nos muestra la estructura microcristalina de la calcita con pocos poros grandes aislados y elevada microporosidad, la presencia de fósiles calcáreos, minerales tales como la moscovita, biotita, cuarzo, opacos no identificados y abundantes partículas



Fig 1. La "Dama de Baza", antes del tratamiento

carbonosas (fig. 2), junto con abundantes diatomeas de morfología muy variada (fig. 3).

La microscopía electrónica nos confirma morfológicamente la calcita, la goetita, los esqueletos de foraminíferos y el yeso solubilizado. La espectrografía de emisión (ref. ICR. AE/31/8), señala la presencia de: Ca (mayor), Si (0,1), Al (0,1), Fe (0,03), Mg (0,01), Ti (0,01), Cu (0,002), Mn (0,001), principalmente.

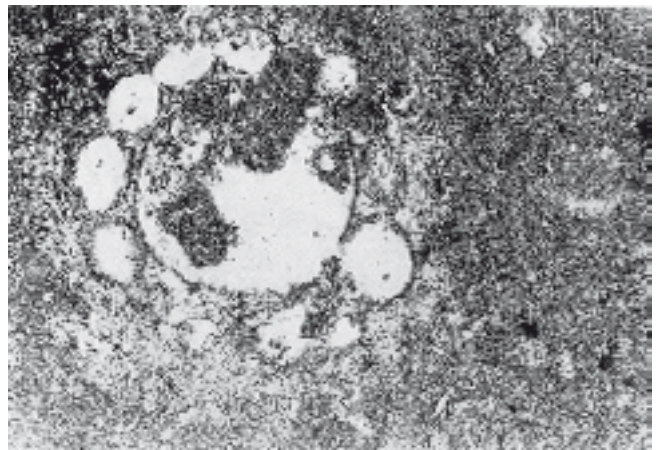


Fig. 2. Microfotografía núm. 1.490 a 125 x. Preparación en lámina delgada (526) de la piedra caliza; muestra número 9 en el esquema general.

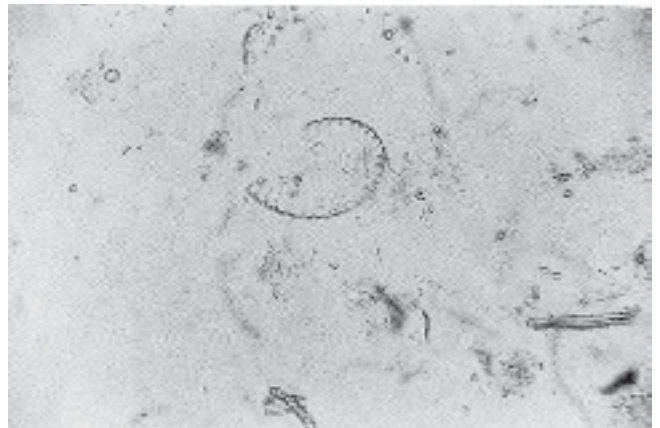


Fig. 3. Microfotografía núm. 1.579 a 125 x. Preparación en Bálsamo de Canadá (980) del residuo insoluble en ácido clorhídrico; muestra de piedra núm. 12 en el esquema general.

La espectrografía de absorción I.R. (ICR. ref. 446) señala la calcita y la fracción silíceas. Están en curso de elaboración los análisis en difracción de rayos X y activación de neutrones.

La preparación. El análisis químico demuestra que es de yeso y la microscopía óptica nos indica que le acompaña una arcilla; la microscopía electrónica precisa que debe ser sepiolita, dato que concuerda





Fig. 4. Fotomicrografía num. 1.369 a 30 x. Preparación en lámina delgada (num. 521) del manto azul muestra núm. 8 en el esquema general.

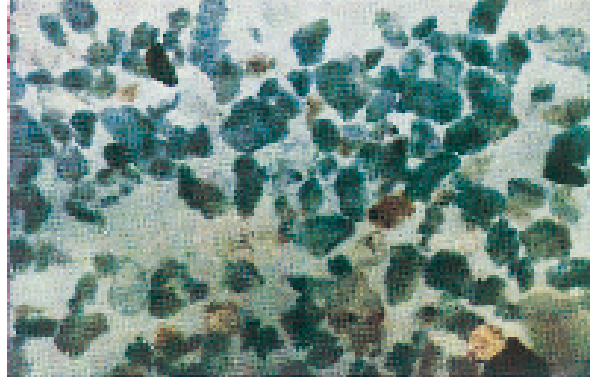


Fig. 5. Fotomicrografía num. 1.909 a 50 x. Preparación en Bálsamo del Canadá num. 1.331 del pigmento azul; muestra num. 6 en el esquema general.



Fig. 6. Fotomicrografía num. 1.367 a 30 x. Preparación en lámina delgada num. 522 del ajedrezado del manto; muestra num. 7 en el esquema general.

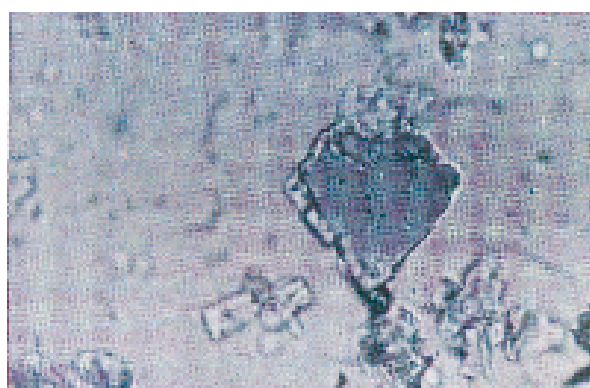


Fig. 7. Fotomicrografía num. 1.386 a 520 x. Preparación en Bálsamo del Canadá num. 743 del pigmento azul triturado; muestra num. 6 en el esquema general.

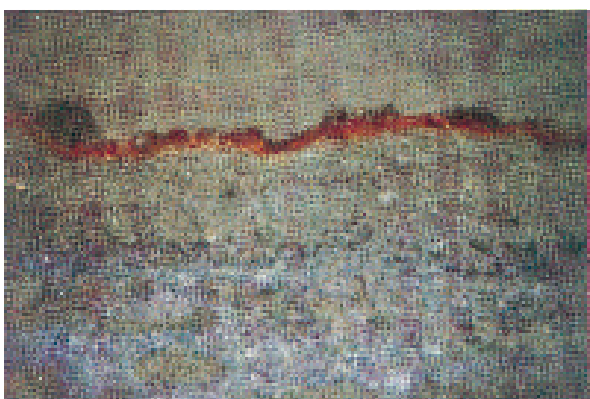


Fig. 8. Fotomicrografía num. 1.375 a 90 x. Preparación en lámina delgada nu. 524 del manto rojo bermellón; muestra num. 4 en el esquema general.

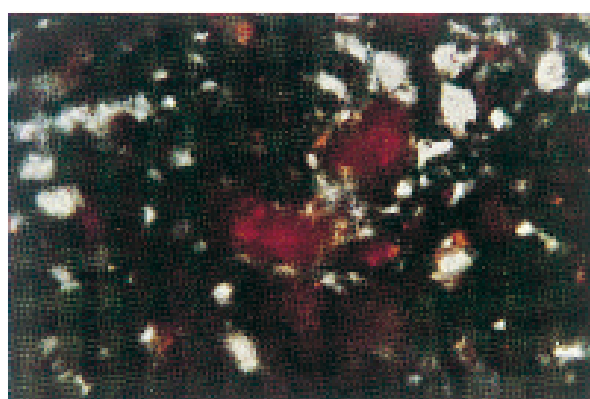


Fig. 9. Fotomicrografía luz polarizada nicoles cruzados num. 1389 a 520 x. Preparación en Bálsamo del Canadá num. 745 del pigmento rojo bermellón muestra num. 7 en el esquema general.

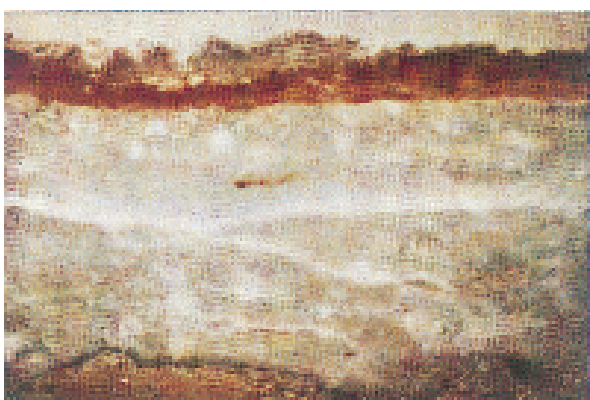


Fig. 10. Fotomicrografía num. 1.364 a 30 x. Preparación en lámina delgada num. 518 del rojo ocre del trono imitando madera oscura; muestra número 3 en el esquema general.

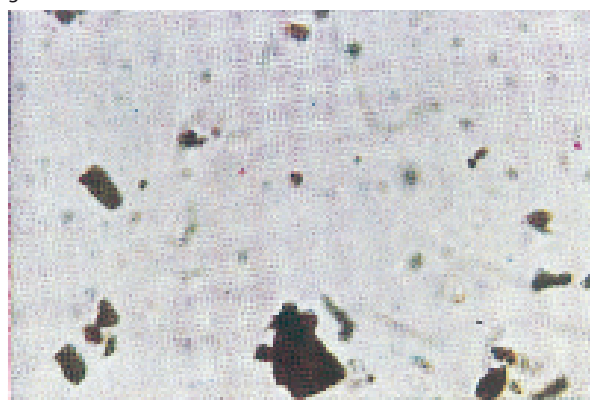


Fig. 11. Fotomicrografía num 1.381 a 125 x. Preparación en Bálsamo del Canadá num. 520 del pigmento negro del pelo, muestra num. 5 en el esquema general.

con la espectrografía de absorción I.R. (ICR., ref. 562). La espectrografía de emisión (ref. ICR.AE/30/4,30/9,30/8) nos da los siguientes constituyentes: Ca (mayor), Si (0,05), Al (0,04), Mg (0,01); Fe (0,004), Cu (0,0004), Ti (trazas), Co (trazas). Están en curso de elaboración los análisis de difracción de rayos X y activación de neutrones.

La policromía. El análisis estratigráfico en lámina delgada demuestra lo siguiente: Generalmente existe una sola capa de color aplicada directamente sobre la preparación blanca, esto es, en las carnaciones, el pelo negro, el manto azul (fig.4), en los zapatos rojos (fig. 8), en las partes más claras del trono imitando madera, etc. En el ajedrezado del borde del manto, el rojo bermellón aparece en una o dos capas sobre las que monta el azul de las cuadrículas correspondientes a este color (fig. 6); en las zonas oscuras ocres del trono, que imitan madera., sobre el color claro se coloca el más oscuro en dos capas superpuestas (fig. 10), de tal forma que estas dos últimas capas tienen bastante coherencia entre sí pero se desprenden fácilmente del tono claro de base. Sobre el color aparece frecuentemente un depósito de tierra aglutinada con goma laca.

Los pigmentos identificados son los siguientes:

- El azul es Azul Egipcio (figs. 5 y 7).<sup>4</sup>
- El rojo bermellón es cinabrio (fig. 9).
- Los ocres son tierras.
- El negro es carbón animal de huesos (fig. 11)
- El blanco es yeso.

El aglutinante original de los pigmentos pudo ser el mismo yeso que va mezclado con ellos en gran proporción y la técnica de la policromía puede corresponder, por tanto, a un fresco al yeso. Damos esta opinión basándonos en los tonos que permanecen con suficiente cohesión, esto es, los ocres, carnaciones y rojo bermellón, pero es difícil mantenerla para el azul y el negro que presentan

un alto grado de disgregación; ello puede deberse a la menor cantidad de yeso con que van mezclados o bien a la desaparición de un aglutinante de otro tipo al haber permanecido tantos siglos dentro de un terreno húmedo.

La metodología analítica para la identificación de los pigmentos es análoga a la indicada para los otros constituyentes, basándonos en las primeras aproximaciones dadas por la microscopía y las técnicas de microquímica. Actualmente se están realizando los análisis de difracción de rayos X y activación de neutrones con vistas a estudiar el posible origen de los materiales de pintura empleados por el artífice ibero.

Los datos suministrados por la espectrografía de emisión son los siguientes: (Ref. ICR. AE/32/9, 33/9 Y 33/14):

Azul. Si (72), Cu (9), Al (9), Pb (5), Mg (2,5), Ca (1,5), Na (0,5), Sn (0,3), Fe (0,2), B (0,05), Co (0,04), Mn (0,02), Ti (0,01), Mo (0,005), Ni (0,005), Ag (trazas), Hg (trazas).

Rojo (bermellón). Hg (25), Si (6), Fe (2,5), Al (1,5), Mg (0,3), Cu (0,1), Ti (0,2), Ca (0,02), B (0,02).

Rojo (ocre). Si (37), Fe (24), Ca (2,8), Al (2), Ti (0,5), Mg (0,86), B (0,05), Cu (0,02), Pd (trazas).

## ALTERACIONES

En varios puntos de los bordes y salientes se observan diversas fracturas atribuibles a golpes o roces estando los trozos, más o menos grandes, desprendidos (figs.1 y 15); las fracturas recientes de mayor importancia son en la cabeza de la imagen, en el borde ajedrezado del manto a ambos lados del cuello, la punta del brazo derecho del trono en la parte frontal y numerosos fragmentos pequeños de las manos, el cuello, las cuentas del collar y parte superior de la cabeza; la mayor parte de los fragmentos grandes se conservan

y encajan bien. Esta escultura, de una altura aproximada de 1,5 m., apareció con las alas y el pilar trasero del trono desprendidos, señalando una fractura antigua probablemente de cuando la imagen fue enterrada; el pilar derecho no ha aparecido.

La piedra húmeda es muy blanda y la policromía se nos muestra en un alto grado de disgregación: los granos de los pigmentos azul y negro no parecen estar unidos por una sustancia aglutinante y los ocre imitando madera oscura en el trono, se descascarillan con facilidad. El color está bastante sólido en los tonos claros del trono, en las carnaciones y en el rojo bermellón de la decoración del manto y de los zapatos.

En general, la policromía acusa la acción de una limpieza profunda y solamente en dos zonas bien delimitadas del reverso (fig. 15), en la nuca y en la espalda, se conserva una capa gruesa de tierra sobre el color. Por percusión, se detectan bastantes zonas en donde el estuco está separado del soporte, siendo la mejilla derecha, los zapatos y el trono las zonas más en hueco.

La película de goma laca acentúa el problema causado por la cristalización de los sulfatos, observándose pulverulencia y formación de escamas en numerosos puntos.

## TRATAMIENTO DE CONSERVACIÓN

Objetivos programados. Se debe poner remedio al peligro que supone el agua y las sales disueltas que la piedra contiene; puesto que un tratamiento de extracción de los sulfatos resulta imposible dado que la preparación es de yeso y los pigmentos están mezclados con él, resulta necesario secar la obra inmovilizando los sulfatos. Esquemáticamente, el programa de tratamiento es como sigue:

1.º Secar la obra utilizando abundante alcohol etílico ya que por ser insolubles los sulfatos en medio hidroalcohólico, evitamos la acumulación de sales en superficie.

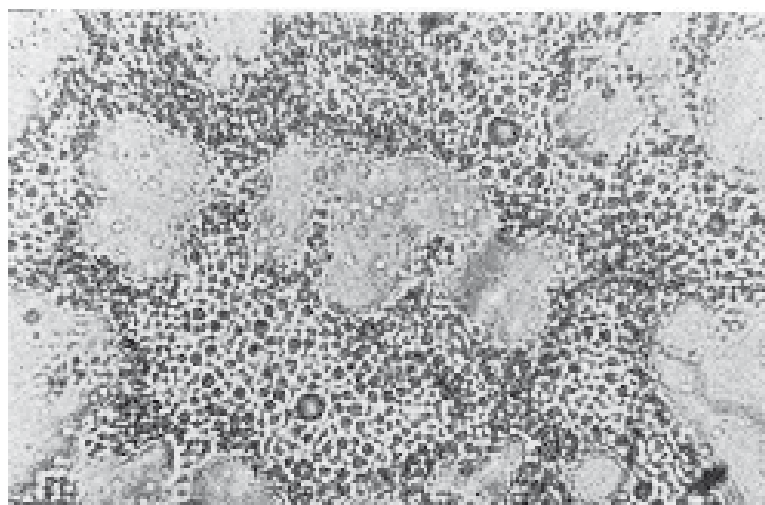


Fig. 16. Microfotografía número 1.507 a 500 x. Película de Catalón C.A. análisis microscopico de su estructura discontinua.

2.º Eliminar la goma laca sustuyéndola por otra resina sintética más adecuada. La que más se acerca a nuestras necesidades es el Nilon Soluble (p. e. Calaton CA de LCJ.),<sup>5</sup> producto que ha sido utilizado con éxito en problemas similares de importantes obras, cumpliendo así los requisitos exigidos en la Carta de Venecia. Luego se procederá a desecar la obra lentamente en atmósfera controlada de humedad relativa y temperatura, buscando los márgenes de seguridad dentro de los valores conocidos de formación de hidratos, hasta conseguir el equilibrio deseado.

3.º Cuando la obra esté seca y con la policromía fijada, se procederá al tratamiento de consolidación de la capa pictórica, al sentado del estuco allí donde se observan levantamientos y oquedades y, finalmente, a pegar los fragmentos sueltos reforzando las uniones de los más grandes con varillas de acero y utilizando como adhesivo una resina epóxica o una resina de poliéster.<sup>6</sup> La cabeza de la imagen, por tener gran superficie de contacto y asentar en plano, no necesita el refuerzo de acero. Las juntas quedarán sin igualar para hacer diferenciables las reparaciones.

Tratamiento aplicado. Previa fijación inicial con Calaton CA disuelto al 10 % en alcohol iso-

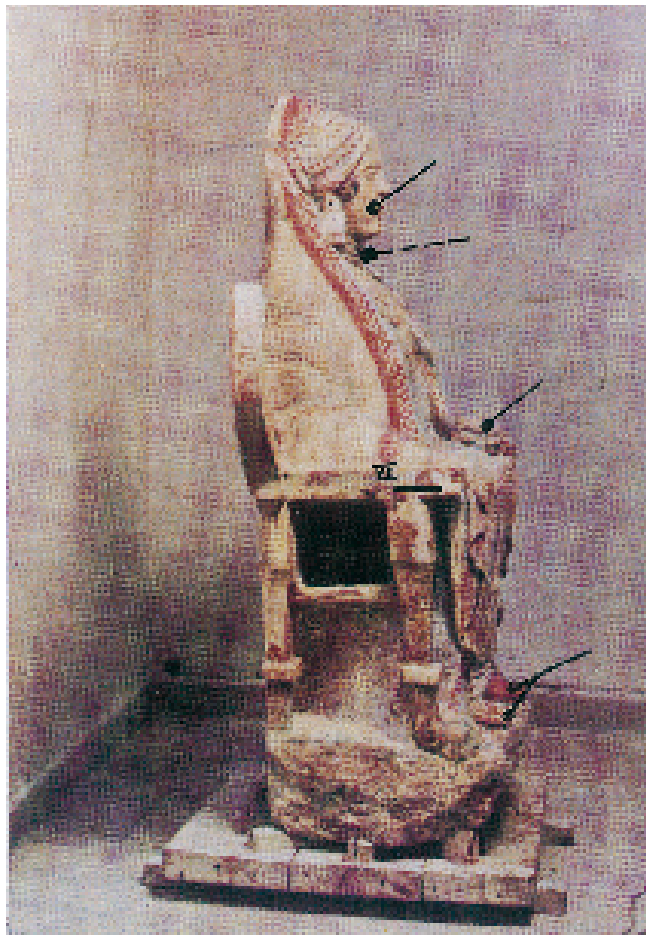
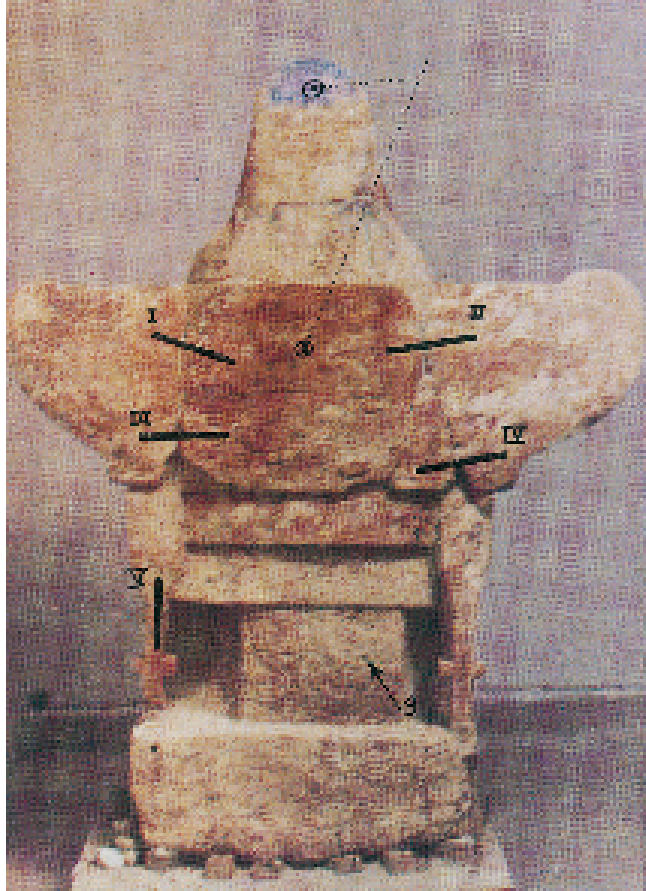


Fig. 12. 13. 14. La "dama de Baza" después del tratamiento.

- Refuerzo de las uniones con varilla de acero  $\varnothing$  7 mm
- Zonas consolidadas con estuco de yeso y cola
- .....● Base del collar integrada con pasta artificial
- .....○ Policromía íntegra (bajo la tierra eliminada)
- ▶ Localización de micromuestras para análisis

propílico, se ha dejado secar la obra, aplicándole abundante alcohol etílico; el tratamiento se ha efectuado en una pequeña habitación de unos 10m<sup>3</sup>, controlando el microclima con un termohigrógrafo, un humidificador de ambiente marca Defensor 505 y. dos ventiladores.

El estado de fijación de la policromía se ha ido corrigiendo de forma continua, a fin de trabajar en esta fase con la menor cantidad posible de resina. Una vez conseguida la estabilidad higrométrica final, a los dos meses aproximadamente de iniciar el tratamiento, se ha procedido a reforzar la policromía con Calaton, pero dejando una porosidad residual elevada que permita los futuros intercambios de humedad entre la piedra y la atmósfera. Seguidamente se inició el tratamiento de consolidación de algunas zonas abombadas en la cara de la imagen, en los zapatos y en el manto, empleando cola animal mezclada con un 5 % de ácido acético; para rellenar las zonas en hueco de los zapatos, se utilizó un estuco a base de yeso y cola animal.

Al eliminar la tierra que quedaba detrás de la imagen, ha surgido en toda su integridad la policromía original de esas zonas, mostrando el grueso real de la capa de azul y señalando en la espalda una restauración antigua sobre el respaldo rojo ocre del trono. En el resto de la obra se ha procedido a una limpieza ligerísima tendente a eliminar los residuos de goma laca y a entonar cromáticamente las zonas descompensadas.

Respecto al pegado de fragmentos, los pequeños se han colocado directamente con un adhesivo de poliéster, denominado Aspa, y los fragmentos grandes se han pegado con el mismo producto pero reforzando las uniones con unas varillas de acero inoxidable de 7 mm. de diámetro y una longitud de 18 cm. para las cuatro de las alas del trono (dos en cada una), 13 cm. para la pata izquierda del trono y 10 cm. para la punta frontal del brazo derecho del trono (ver esquemas). Estas varillas han sido descalibradas, practicándoles numerosas



Fig. 15. La "Dama de Baza" antes del tratamiento, vista desde atrás.

muecas para facilitar el agarre del adhesivo; en la cabeza no se han empleado refuerzos.

Para entonar las juntas, el poliéster se ha mezclado con una carga de polvo de caliza añadiéndole además un poco de blanco nevín y sombra natural, para conseguir el tono y, para colocar los pequeños trozos del collar de la Dama, por no existir la base de piedra inmediata, ha sido necesario suplir esta base por aplicación de una masilla idéntica a la anteriormente descrita, pero en la que la carga supuso un 200 % aproximadamente de la resina empleada.

## CONCLUSIÓN

Se ha conseguido poner fin a los mecanismos de degradación que estaban actuando, cuidando de evitar cualquier manipulación que pudiera afectar el carácter de autenticidad de la obra. En segundo lugar, la actividad ha estado dirigida a la conservación de los valores actuales y potenciales en sus dimensiones estética, documental y material, mediante una intervención que, limitándose al estricto mínimo posible, pusiera de manifiesto los principales parámetros.

Cuando las inevitables limitaciones técnicas han afectado a alguno de estos valores (como, por ejemplo, añadir un nuevo adhe-

sivo para los pigmentos, pegar fragmentos que como las alas del trono aparecieron desprendidos, etc.), hemos dejado amplia información en proceso verbal, esquemas, fotografías y, cuando ha sido posible, que se pueda leer directamente sobre la obra.

En la consecución de los resultados obtenidos con este tratamiento, han colaborado en igual proporción la experiencia y sensibilidad de los restauradores D. Joaquín y D. Raimundo Cruz Solís y las directrices dictadas por el análisis interdisciplinario realizado sobre la base objetiva de los datos científicos. ■

## NOTAS

1 Por Orden Ministerial, el 26 de julio fue depositada en el Museo Arqueológico de Granada y luego trasladada a Madrid, por la Asesoría Nacional de Museos, para proceder al tratamiento de Conservación y Restauración en el Museo Arqueológico Nacional.

2 Informes ref. LQ/54/197/1, 2, 3 y 4 archivos del I.C.R. Madrid.

3 Para el análisis con técnicas especiales, nos han prestado su ayuda los Dres. Jesús Galvan (microscopía electrónica) y José María Serratosa (Sección de fisico-química) del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal del Patronato Alonso Herrera del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y también el Dr. Antonio Travesí (análisis por activación) de la Junta de Energía Nuclear del Ministerio de Industria.

4 Es un pigmento de síntesis utilizado desde la IV Dinastía Egipcia y en el mundo romano.

Su fórmula ha sido establecida como  $\text{CuO} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{SiO}_2$ ; es cristalino, pleocroico, poco birrefringente y su índice de refracción es de 1.60-1.63. Para más datos, consultar:

G. Schippa - G. Torraca: "Contributo alla conoscenza del 'Bleu Egiziano'", en Bolletino dell'Istituto Centrale del Restauro, n.º 97-107, Roma (1957).

5 Es un derivado del n-hidroximetil nilón por tratamiento con aldehído fórmico. Se presenta en forma de polvo blanco soluble en el metanol y etanol mezclados con agua en la proporción 7: 3, pero también se disuelve en alcohol isopropílico puro y en esencias metiladas industriales. La disolución tiende a gelificar a la temperatura ambiente, pero vuelve a licuarse calentada a 40° C. Es un producto particularmente útil cuando, se necesita un adhesivo móvil no acuoso, siendo de gran interés sus características de formar películas adhesivas extremadamente mates con un alto grado de flexibilidad y que no sufren contracción apreciable. También resulta importantísima su capacidad de formar películas discontinuas cuando se quiere fijar o consolidar

una superficie sin anular la porosidad del material; además, esta discontinuidad contribuye a que sea bajo el índice de refracción de la película formada.

Bibliografía: Syntheitc Materials used in the Conserontion of Cultural Property, Internacional Center for the StUdy of the Preservation of Cultural Property, Works and Publications, Vol. V, pág. 40, Roma (1963)..

"La Conservación del Patrimonio Cultural", en Museos y Monumentos, vol. XI, págs. 321-361.

U.N.E.S.C.O. (1967)-.-.

Nombres Comerciales: Calaton C.A. y Maranyl C.109/P: Imperial Chemical Industries Ltd. (I.C.I), Millbanc, London SWL .

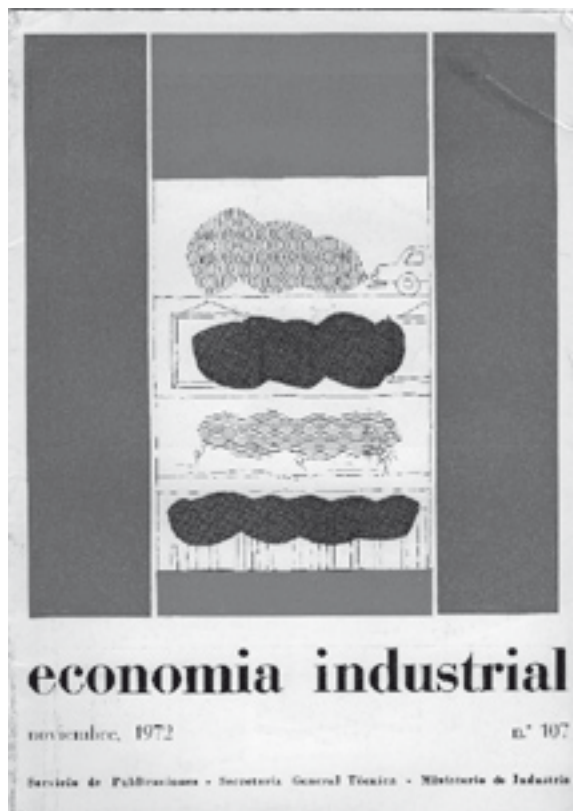
Elvamide: DUPONT El., Du Pont de Nemours Inc" Wilmington, Delaware, USA. Nilon Soluble: Tokyo Rayon Co., Tokyo (Japon)..

Representante en España: I.C.I. España S. A., c. Tuset, n.O 32, Barcelona (Tif. 2282900) Y Paseo de la Castellana, n.O 20, Madrid (Tif. 2624210). 6 P. Donis et R. Sneyers: "Note sur le collage de fragments en pierre calcaire a l' aide d'une résine-polyester", en Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique. Vol. IV, pág. 215, Bruselas (1961). El procedimiento se resumen como sigue:

1.º Preparación de las superficies a ensamblar: 1) mojar con acetona hasta saturación; 2) impregnar hasta saturación con resina diluida comprendiendo 40 gr. de poliéster DV, 1,75 cc. de naftenato de cobalto, 10 cc. de acetona y 1 gr. de peróxido de ciclohexanona. La polimeración se efectúa a temperatura ambiente en decenas de niinutos; nosotros dejamos un intervalo de 24 horas antes de abordar la operación siguiente.

2.º Ensambladura. Una solución más viscosa de resina se reparte sobre las superficies previamente raspadas; los ingredientes se mezclan en la proporción: 40 gr. de poliéster VV, 1,25 CC. de naftenato de cobalto, 5 cc. de acetona, 0,5 gr. de peróxido de ciclohexanona. Las dos partes pueden ya unirse.

### 5.1. La influencia de los contaminantes en el Patrimonio artístico Nacional



La conservación de los Bienes Culturales ha sido abordada con éxito desde hace ya muchos años, bajo el punto de vista científico y técnico particular al estudio de la patología y terapéutica de sus materiales constitutivos. A medida que avanzamos, las investigaciones se caracterizan por la gran dispersión de los sujetos a tratar y porque, a pesar de las aparentes similitudes, la experiencia acumulada sólo es transmisible adaptándola a los nuevos factores, pareciendo que cada casa es un prototipo.

Por otra parte, se acepta que la conservación de nuestros monumentos comporta varios aspectos fundamentales interdependientes, histórico-estilístico, científico-técnico y estético, y es cada vez más raro considerar el problema solamente desde uno de estos puntos de vista con exclusión de los otros; la tendencia

a la integración de estos tres parámetros en la preparación y en la motivación de los tratamientos, es actualmente general en todos los dominios de la conservación de los bienes culturales, y por eso, aceptando las nuevas teorías, se modifica y se desplaza el interés primordial de la restauración y reconstrucción hacia el de la protección y conservación.

La práctica de la conservación no puede tener, al parecer, más que un solo punto de partida: el cuidado del clima. Todos los objetos que se guardaban en un ambiente de condiciones climáticas adecuadas se conservan inalterables: la experiencia demuestra que determinados factores climáticos son necesarios para que los procesos de alteración y corrosión se produzcan. Estos mecanismos de alteración de los bienes culturales se acepta que dependen de la naturaleza y estructura de los materiales constituyentes, de la interacción de diversos agentes de degradación conectados con los microclimas en que han vivido, de los productos derivados de los procesos de corrosión y, también en muchos casos, de los mismos tratamientos poco o mal estudiados que se les ha impuesto a lo largo de su vida. Pero en todos los casos, insitimos, si se guardan en un ambiente de condiciones climáticas adecuadas, los materiales y los procesos de alteración encuentran rápidamente un estado de equilibrio que permanecerá en tanto que permanezcan constantes las características del clima.

En las páginas que siguen hemos querido poner de manifiesto la importancia del estudio de la atmósfera como medio en el que viven los bienes culturales, dando una idea de la diversidad de las variables físicas, químicas y biológicas, conectadas con el clima, que intervienen en los procesos de alteración que nos interesan y señalando que, si bien es útil analizarlas separadamente, en la práctica



suelen trabajar juntas sumando sus efectos.

Importancia primordial tiene, ahora para nosotros, el estudio de la acción de los contaminantes atmosféricos, pero, por las mismas razones expuestas anteriormente, el estudio aislado de las alteraciones que provocan, perdería su sentido principal dada la importancia de las alteraciones entre los distintos componentes de la atmósfera que constituyen en conjunto un microclima más o menos agresivo de los materiales que son soporte de nuestros monumentos y objetos históricos-artísticos.

Para el desarrollo del tema nos hemos dirigido casi exclusivamente hacia la acción del clima sobre los objetos que se guardan en el interior de edificios que denominamos genéricamente museos (museos, iglesias, domicilios particulares, etc), pero también se deben tener en cuenta los monumentos en el exterior, expuestos directamente a la acción de las intemperies, y, en especial, al problema de la "sulfatación" de las piedras calizas, materiales de construcción de nuestros edificios y conjuntos monumentales.

Factores climáticos más importantes para los museos.

En un museo, los constituyentes del aire que más nos interesa conocer y controlar son: a) El vapor de agua b) el oxígeno, c) El anhídrico sulfuroso, d) Otros agentes de contaminación atmosférica, e) las partículas sólidas y líquidas.

La luz constituye uno de los aspectos más importantes, pero aquí sólo figurará en cuanto a sus relaciones con los componentes del clima antes indicados.

El vapor de agua. Presente en el aire, constituye la causa más frecuente de las alteraciones y debe ser objeto de especial atención por parte de los conservadores de Museos. Es sin duda el factor más peligroso y quizá el menos evidente.

En líneas generales, la humedad relativa (Hr) no debe ser superior al 65 por 100 ni inferior al 40 por 100; entre estos extremos,

debe ser estabilizada en un valor bien definido; se recomienda frecuentemente el 55 por 100, pero sea cual fuere el valor elegido dentro de estos límites, debe mantenerse lo más exactamente posible, considerándose prudente una variación de + 3 por 100.

La temperatura se fija en función del confort humano, normalmente en las proximidades de 20° C.

Cuando la Hr es alta, bastará con que un objeto esté más frío que el aire para que condense el vapor en forma de gotas, constituyendo centros de alteración: puntos de corrosión sobre metales, picado del barniz en los cuadros, etc. A medida que Hr. va disminuyendo, disminuirá paralelamente el riesgo de la condensación, pero en un amplio margen siguen siendo activos los procesos de absorción de agua por los materiales higroscópicos, y por esos seguiremos viendo la hidratación de las eflorescencias salinas en materiales como piedra y cerámica, actividad de los focos de corrosión en las aleaciones de cobre (presencia de cloruros) (6), descomposición de piritas y marcasitas, hinchamiento de materiales celulósicos, actividad de las formas de alteración biológica, etc. Para una Hr de 50 por 100, la actividad biológica ha cesado con anterioridad, la corrosión de los bronce ya no se produce, los materiales higroscópicos encuentran un buen estado de equilibrio con el medio externo, etc.

Las variaciones de Hr. Tienen una importancia decisiva en la alteración de los bienes culturales; bástenos recordar como ejemplo los movimientos que experimentan la madera y las fibras celulósicas en general, y las consecuencias desastrosas que provoca en las pinturas y esculturas que sobre ellas fueron elaboradas, o los fenómenos de cristalización/eflorescencia de sales solubles en el interior de materiales pétreos y cerámicos.

Por otra parte, al aumentar la concentración de humedad en los materiales, muchas reacciones químicas son más amplias, pues

las moléculas de agua participan en ellas con un efecto catalítico. Al estudiar la decoloración de los tintes en tejidos de algodón, lana y seda, como una función de la humedad de las fibras, y bajo la acción de una lámpara de cuarzo con arco de vapor de mercurio, Hedges mostró que el factor determinante es el contenido de humedad en las fibras más bien que la Hr de la atmósfera. La humedad en los materiales es una función de la Hr del ambiente y ésta a su vez depende de la temperatura. Las experiencias antes mencionadas, en su parte relativa a la decoloración del azul soluble sobre lana, representan una de las pocas observaciones en que los efectos de la humedad del material y su temperatura han podido ser estudiados separadamente en las deterioraciones fotoquímicas.

También se ha demostrado en muchos casos que, al secar totalmente un material sensible a la luz, se detiene prácticamente la decoloración de tintes y la fragilidad de las fibra celulósicas, pero una cierta humedad es necesaria para impedir que el papel, los tejidos y otros materiales similares se vuelvan muy frágiles.

Los efectos característicos que la humedad produce se suelen clasificar en mecánicos, fisicoquímicos y biológicos; aunque no es necesario profundizar ahora en los detalles, sí debemos indicar que su estudio pormemorizado es el elemento básico que ha permitido fijar las condiciones anteriormente expuestas como margen de seguridad razonable.

El oxígeno. Desempeña un papel muy importante en gran número de alteraciones químicas. Generalmente, la reacción sólo se produce en presencia de la luz y se llama fotooxidación se puede reducir por varios métodos, pero se suele limitar por el control de la iluminación.

Numerosos compuestos orgánicos presentes en los tejidos, el papel, los tintes, los barnices, los aglutinantes de la pintura de los cuadros y de las iluminaciones de manuscritos, etc. Tienen tendencia a oxidarse, y éste es en definiti-

va el proceso lento general de envejecimiento activado por la acción de la luz que excita las moléculas. Muchas investigaciones han demostrado que la decoloración y la fragilidad se detienen completamente cuando se elimina el oxígeno durante la exposición de un objeto a la luz visible y U.V. próximo. Esto no es nuevo y quizá tampoco sea útil para el conservador medió, pero permite en muchos casos tomar medidas especiales: un vacío completo en una vitrina puede tener grandes dificultades de realización, pero existen ejemplos de atmósferas inertes de nitrógeno, de helio, etc.

El ozono es también un constituyente natural de la atmósfera tan perjudicial desde nuestro punto de vista que se le considera como un contaminante peligroso; actúa de forma similar al oxígeno, pero más intensamente. Su concentración en la atmósfera alta es muy grande, pero en las proximidades del suelo puede variar entre amplios márgenes, dependiendo de la localización geográfica, de las tormentas durante las cuales se produce, etc.

En ciudades de atmósfera poco contaminada por combustión de hidrocarburos, el ozono reacciona con los productos derivados, especialmente las olefinas y desaparece, pero cuando reúnen circunstancias particulares, aquellas que producen el denominado "smog oxidante", la proporción de ozono crece y se han podido comprobar niveles de hasta 1.000 y 1.200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El ozono constituye un peligro evidente en los Museos, pero no resulta difícil eliminarlo, pues los filtros de "carbón activo" lo retienen con una eficacia suficiente.

El anhídrico sulfuroso. El carbón y los derivados del petróleo, que se utilizan como fuentes de energía, contienen azufre en mayor o menor proporción; después de la combustión, la mayor parte de ese azufre pasa a las atmósfera en la forma de  $\text{SO}_2$  que se transforma en  $\text{SO}_3$ , capta humedad y origina aerosoles de ácido sulfúrico  $\text{SO}_4\text{H}_2$ . El mecanismo de transformación es complejo y en él

intervienen probablemente dos procesos diferente: uno fotoquímico en fase gaseosa y el otro catalítico en fase líquida, dentro las gotitas de agua, que contienen también ciertas sales de hierro y manganeso procedentes del polvo y que actúan como catalizadores. Estos aerosoles de ácido sulfúrico forman lo que se ha dado en llamar "smog ácido", que es el responsable de innumerables y graves deterioros; bástemos señalar como ejemplos, el picado de los barnices de los cuadros antes señalado, la rorrosión de los soportes de tela en los cuadros especialmente alrededor de los clavos de hierro que sujetan la tela al bastidor, la sulfatación de calizas en los monumentos históricos, etc.

El anhídrico sulfuroso se puede eliminar de la atmósfera de los Museos por dos procedimientos: 1. Pasar el aire a través de filtros de "carbón activo"; el rendimiento tipo de un solo filtro es del 60 por 100, aproximadamente, y por eso, se utilizan varios filtros en serie. 2. Utilizar vaporizadores de agua continuos o una ducha, lo que bien regulado baja considerablemente el contenido del aire en  $\text{SO}_2$ ; ciertos lavadores de agua operan en medio alcalino por adición de una materia no corrosiva y no volátil.

Otros agentes de contaminación atmosférica.- Los óxidos de nitrógeno, nitroso y nítrico, son constituyentes normales de la atmósfera producidos por fenómenos naturales, tales como tormentas, erupciones volcánicas, etc, que generalmente se encuentran en pequeñas cantidades. Pero el aire de las grandes ciudades, y en zonas industriales, alcanzan concentraciones más elevadas. Aunque su actividad propia en los procesos de alteración se considera importante, la presencia de estos compuestos en la atmósfera reviste caracteres más significativos aun por el hecho de que participan intensamente en los fenómenos fotoquímicos que conducen a la formación de "smog oxidante". Los óxidos de nitrógeno se eliminan de forma simultánea al anhídrico sulfuroso.

El sulfuro de hidrógeno,  $\text{SH}_2$ , no es un constituyente normal de la atmósfera; procede de fuentes específicas y su concentración en el aire suele ser pequeña. Actúa sobre algunos objetos de Museo, especialmente ennegreciendo a los objetos de plata, pero contra él no se considera generalmente necesario tomar medidas especiales, a menos que su concentración resulte inhabitualmente elevada, como puede suceder cerca de fuentes específicas industriales o de putrefacción. Normalmente se suele proceder a la protección de la superficie de los objetos afectados.

Los hidrocarburos tampoco son constituyentes naturales de la atmósfera, pero en el aire de las ciudades hay alifáticos saturados e insaturados, así aromáticos ligeros procedentes de la evaporación de los combustibles; también hay olefinas procedentes sobre todo del "craking" de los hidrocarburos saturados durante el tratamiento térmico que reciben al pasar por los cilindros de los motores a alta temperatura; actúan de forma importante en la formación de "smog oxidante".

También se incluyen en este grupo los adehídos producidos por la combustión de hidrocarburos, siendo los dos representantes principales del grupo el formaldehído y la acroleína, poco importantes como agentes de alteración en los Museos.

El nitrógeno, el anhídrido carbónico y los gases raros son prácticamente inertes desde nuestro punto de vista.

Las partículas sólidas y líquidas.- Lo que genéricamente se denomina como "humos", son en realidad emisiones en donde se encuentran partículas sólidas (cenizas ligeras, hollín, etc) y líquidas; estas últimas son generalmente condensaciones de productos sin quemar de fueloil, gasoil, etc, o de productos de la pirogenación como los alquitranes. En el grupo de los hidrocarburos, antes considerado, a medida que los productos contienen más carbono y menos hidrógeno, pasamos a los alquitranes

y al hollín, que en el límite llegan a partículas de carbón.

Las dimensiones de estas partículas varían en una gama muy amplia, desde menos de una micra, hasta una fracción de milímetro; las más grandes y pesadas se sedimentan cerca del punto de emisión (polvo), pero las más ligeras continúan indefinidamente en suspensión y constituyen un aerosol que puede actuar como núcleos de condensación de una microgota de agua en el seno de la cual se produce, por ejemplo, las reacciones que conducen a la aparición de una acidez sulfúrica.

También, por contener alquitranes y aceites, el polvo se adhiere fuertemente a los objetos de Museo y hay que proceder a limpiezas frecuentes, difíciles y arriesgadas en muchos casos y costosas siempre.

La mejor precaución consiste en filtrar al aire que lleva en suspensión las partículas existiendo para ello dos métodos interesantes; 1.- Filtros de tela o de espuma plástica. 2.- Precipitación electrostática. Este segundo procedimiento no es recomendable para Museos por múltiples razones, entre las que conviene destacar la producción de pequeñas cantidades de ozono y de óxidos de nitrógeno.

Aunque existen filtros de tela que permiten eliminar el polvo del aire en una proporción del 99,995 por 100 o más, su empleo ocasiona considerables descensos de presión en los circuitos, que se han de corregir con potentes grupos propulsores, y además, para conseguir el rendimiento expuesto, se han de tomar una serie de precauciones especiales, difíciles de conseguir en los Museos. Se considera razonable exigir que los filtros eliminen por lo menos el 95 por 100 del polvo en las condiciones normales de uso, lo que puede representar un descenso de presión en el filtro de uno o dos centímetros de agua.

Como índice general, para los ambientes contaminados, una filtración que suministre un equivalente al "aire del campo", esto es, inferior a 50 microgramos de contaminantes

por metro cúbico de aire, puede considerarse satisfactoria.

## **ESTADO ACTUAL DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN UN MUSEO**

Podemos valorar la importancia de estas consideraciones con arreglo a los siguientes datos analíticos que hemos registrado en el interior y exterior de un Museo; en un periodo de observación de dos meses, la Hr ha oscilado en las salas entre 24 y 90 por 100 para las temperaturas comprendidas entre 14 y 33o C. El valor medio de "humos" en el exterior ha sido de 215 ug/m<sup>3</sup>; y en el interior 94 ug/m<sup>3</sup>; por el contrario, la concentración de SO<sub>2</sub> en el exterior ha sido en valores medios son 155 ug/m<sup>3</sup> y los máximos medios 391 ug/m<sup>3</sup>, lo que indica que existe una fuente de contaminación interior, probablemente porque los sistemas de ventilación succionan las salidas de chimeneas próximas.

## **LA LUZ**

Los procesos fotoquímicos se consideran como reacciones químicas activadas por las radiaciones de 100 a 1.000 milimicras con energías fotónicas comprendidas entre 29 y 290 kilocalorías por mol, lo que se puede comparar con el nivel energético necesario para romper los enlaces químicos, entre 35 y 100 kilocalorías por mol. Aunque la mayoría de los pigmentos clásicos usados en pintura son permanentes, otros constituyentes de los cuadros, tales como los aglutinantes, barnices, lacas, etc., así como los tintes, tejidos, papel, etc., son muy sensibles a ella. La degradación varía en un amplio margen dependiendo de múltiples factores, pero con respecto a la luz misma, las variables fundamentales interdependientes son la intensidad, el tiempo de exposición y las características espectrales de la radiación que utilizemos.

Estudios sobre los efectos de la iluminación intensa se encuentran en las publicaciones de Wolters Y Kuhn (30) y Toishi Kenzo. En torno a la deterioración en general, por efecto de la luz, es del máximo interés la publicación de Feller. En otro orden de valores, pero íntimamente relacionado con lo que nos ocupa, los problemas del rendimiento de color han sido estudiados por Thomson, y en torno a la fidelidad del color son importantes los estudios realizados por Crawford y Palmer y por otros autores.

## CONCLUSIÓN

Los constituyentes del clima de las grandes ciudades y en especial, los residuos que contaminan la atmósfera provocan sobre los bienes culturales numerosas y graves alteraciones.

Los mecanismos reconocidos o propuestos para explicar las deterioraciones, se suelen clasificar en físicos, químicos y biológicos, pero, dentro de la gran complejidad de tipos morfológicos y evolutivos en las lesiones, es necesario aceptar que jamás son únicos; así vemos que, incluso cuando las causas aparecen netamente químicas, como, por ejemplo, en el ataque de los materiales calizos por el anhídrido sulfuroso, los daños mecánicos producidos por la cristalización de las sales hidratadas son de máxima importancia y también comprobamos que los microrganismos (oxidantes que generan sulfatos o mineralizadores del azufre orgánico) suelen contribuir agravando las lesiones.

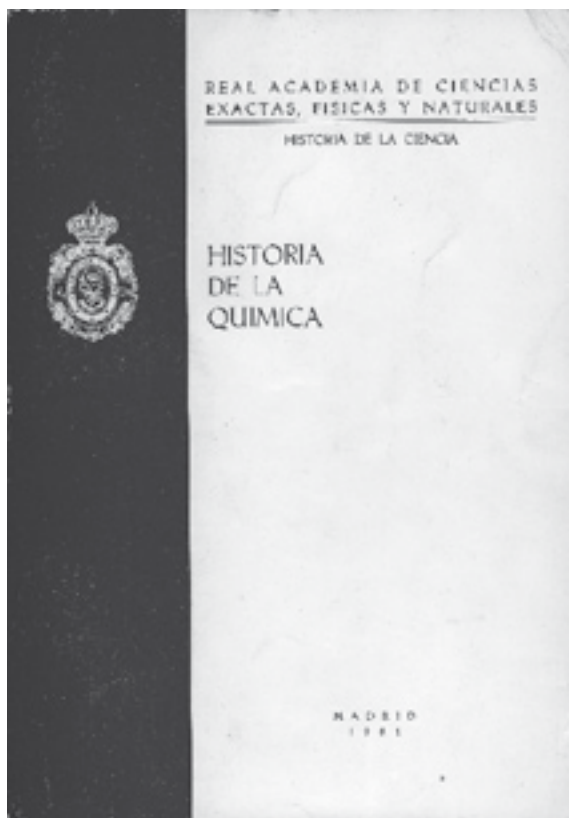
Las enfermedades que la atmósfera contaminada, o simplemente no controlada, produce en los materiales constitutivos de los bienes culturales, son muy numerosas y acabamos de ver las dificultades que encierra el intentar exponer, de forma simple y en unas pocas páginas, sus características principales. La tarea es, pues, de científicos y de especialistas, porque además, a estas dificultades hay que añadir las que se derivan de la complejidad de la estructura de numerosas obras, de su historia material y de los aspectos dominantes de su

representatividad artística, cultural, etc.

Es necesario profundizar más en el estudio de estos problemas y de sus soluciones prácticas. Con este trabajo hemos pretendido hacer una rápida introducción al tema, facilitando a los especialistas de otras ramas de la ciencia una perspectiva y una bibliografía útiles para que todos continuemos hacia estudios más profundos en los diversos sectores de nuestras especialidades. Tradicionalmente, los problemas de la materia en el arte han sido del dominio de los artesanos que casi siempre ven este mundo ingenuamente y sin espíritu crítico; aunque esta imagen ingenua ha servido de base para iniciar una rama de la ciencia al servicio de la historia de la cultura, la ingenuidad debe ir desapareciendo a medida de nuestros progresos. No podemos olvidar que la introducción de las ciencias positivas en el mundo de las bellas artes es relativamente reciente, y aún son consideradas por muchos "humanistas" como de recursos sospechosos si no peligrosos. Pero tampoco se pueden desdeñar los progresos que introducen en cuanto al estudio y conservación de los bienes culturales, y las soluciones prácticas que para el cuidado del clima en los Museos han sido adoptadas por la gran mayoría de los principales Museos del mundo.

Los datos utilizados para fundamentar este artículo proceden de Museos y Laboratorios de Museos de otros países. Desearíamos haber utilizado más datos de nuestro propios Museos, pero sólo disponemos de los datos analíticos de uno durante unos pocos meses y no contamos con ninguna instalación climática estudiada en función de la conservación. No obstante, en numerosas oficinas, almacenes, etc., existen buenas instalaciones que se podrían adaptar fácilmente a un Museo, pues requieren generalmente unas condiciones mucho menos rígidas que las de la industria; en algunos Museos hay sistemas de calefacción y ventilación estudiados para el "confor" humano, que ocasionan generalmente daños más graves. ■

## 5.2. Contribución de la Química a las Bellas Artes



### INTRODUCCIÓN

A través de la Química los hombres han sabido encontrar métodos y materiales capaces de ofrecerles: a) nuevos procedimientos para la expresión artística, b) datos objetivos sobre la tecnología de las obras de arte antiguas, y c) respuestas útiles a los problemas relacionados con la "patología" de los objetos y con los procedimientos para su conservación y restauración.

Respecto al primer punto, la Química y el Arte son dos actividades que vienen relacionadas desde la más alta antigüedad, como lo prueban las pinturas de Altamira y la sucesión de objetos de arte que forman parte de nuestro Patrimonio Cultural. En Altamira, el

hombre dejó su impronta hace trece mil años, seleccionando y fabricando pigmentos, utilizando ambar molido y colorantes orgánicos, sumando la técnica y el espíritu para alcanzar la claridad creativa de una realización inteligente del más alto nivel. Desde entonces, las "artes químicas" fueron suministrando al hombre nuevos materiales y procedimientos, cada vez de más alta calidad y pureza, con los que ha sabido expresar sentimientos estéticos; tanto con la cerámica, como con el vidrio, los metales, los tejidos, o los plásticos, ha podido alcanzar en ciertos casos esa unión de elementalidad y sutileza que hacen de determinadas obras prototipos del arte.

El segundo punto de coincidencia de la Química con el Arte se generó en torno al deseo que los artistas sienten de aprovechar las experiencias anteriores y confeccionar sus técnicas interrogando las obras de sus predecesores. En el terreno de los materiales y de la tecnología empleada por los antiguos maestros, la Química ha colaborado activamente en la búsqueda de las antiguas recetas, determinando la naturaleza, composición y estructura de las obras de arte objeto de interés. En esta línea al nacer la Historia del Arte, esta contribución supuso también una base objetiva para determinar la cronología o la atribución de ciertas obras de difícil inclusión en su contexto histórico. Más recientemente, al permitir los métodos actuales de laboratorio una observación real de algunas de las principales etapas de la génesis de las obras de arte, como son los "dibujos subyacentes", los "cambios de composición" o las "características de superficie", colabora con otras ramas de la ciencia al estudiar determinadas obras capaces de permitir la investigación de los mecanismos profundos en los impulsos decisivos del artista.

En tercer lugar, la Química está ampliamente vinculada a la Conservación del Patrimonio Artístico. Su eficaz participación en el estudio de la "patología" de los materiales hace que actualmente se realicen de forma sistemática numerosos análisis como base imprescindible para alcanzar diagnósticos precisos y claros. Por su parte, los tratamientos de restauración también han ido incorporando sistemáticamente los recursos de la Química, utilizando multitud de productos químicos que constituyen ya una verdadera "farmacopea del arte".

La amplitud y la dispersión de los temas planteados en esta triple vía de colaboración entre la Química y el Arte hace inalcanzable su desarrollo global en el marco de esta conferencia. Por esto, he creído preferible centrarnos en cómo se estudia una obra de arte en el laboratorio, limitando las incursiones en los otros campos al estricto mínimo, para mantener la unidad del tema.

## ANTECEDENTES

El amplio panorama de colaboración entre la Química y el Arte ha sido revisado en varias ocasiones, por Coremans (1950) (1), Hours-Miedan (1964) (2), van Asperen de Boer (1915) (3), entre otros, y han sido objeto de una interesante exposición en el Grand Palais del Louvre, clausurada en enero de 1981, bajo el título "La vie mystérieuse des chefs d'oeuvre: La science au service de l'art" (4). Las más recientes aportaciones de la Química Analítica al Patrimonio Cultural están recogidas en el Symposium de Tokio de 1979 (5) y en la sección primera de las actas del Congreso del Comité para la Conservación del Consejo Internacional de Museos de septiembre de 1981 (5 bis), mientras que conexiones entre el Arte y la Alquimia fueron estudiadas, entre otros, por van Lennep en 1966 (6). Los auxilios que la ciencia presta al arte han sido revisados en España en dos ocasiones, dentro del marco de la Asociación Española para el Progreso de

las Ciencias; en 1944 por Sánchez Cantón (6 bis) y en 1970 por Gratiniano Nieto (7) quien desarrolló, pormenorizadamente, los nuevos métodos de examen y análisis, así como la metodología necesaria, puntualizando sobre las posibilidades y limitaciones de los mismos en este campo de aplicación y suministrando un centenar y medio de referencias bibliográficas importantes capaces de guiar al lector hacia investigaciones más profundas.

Quizá sea en la utilización de la pintura y del color donde el hombre ha encontrado un medio de creación artística, desde los tiempos prehistóricos, que más acentúa la relación con la Química.

De nuestros estudios sobre las pinturas de Altamira (8), realizadas hace casi trece mil años, se deduce la utilización de ocre amarillos, rojos, marrones, óxido de hierro, arcillas blancas y grises, negro de carbón de huesos y de madera, polvo de ambar y una laca roja, todo lo cual demuestra una búsqueda consciente de materiales, y técnica capaz de producir una obra tan capital de nuestra cultura.

Otros materiales menos frecuentes se utilizaban solo en las regiones que los poseían, como el cinabrio (9) que ya era empleado en China tres mil años antes de J.C., ó la azurita (10) muy utilizada en Egipto por las mismas fechas, así como otros minerales coloreados tales como el rejalgam, oropimente, malaquita y lapis lázuli, principalmente.

La fabricación de pigmentos artificiales aparece muy pronto y de los análisis realizados se deduce que el Azul Egipto (silicato de calcio y cobre) ya se preparaba en el año dos mil antes de J.C. (11). El bermellón artificial se menciona en los tratados de alquimia de los siglos VIII y IX y parece posible que los chinos lo estuvieran preparando desde muchos siglos antes (9). En Mesoamérica los Mayas preparaban, desde el periodo llamado Clásico, un color azul impregnando atapulgita con añil y calentando el complejo para estabilizar el color (12).

Pero es, sin duda, en el siglo XVIII cuando aumenta considerablemente la colaboración con el inicio de los pigmentos sintéticos modernos, de los cuales sabemos mucho a través de las revistas científicas. En 1704 Diesbach descubre en Alemania el azul de Prusia y en el último cuarto del siglo se suceden los descubrimientos con gran rapidez, debido al descubrimiento de los nuevos elementos químicos zinc, cobalto y cromo. En 1802 Thénard obtiene el azul cobalto, descubrimiento éste que encabeza una nueva serie de colores estables. Hacia 1850, Faraday (13) hace estudios sobre disolventes para aceites y resinas, necesarios para mejorar las técnicas de la pintura y en 1856 William Perkin anuncia el primer tinte sintético, el malva, colorantes éstos que desgraciadamente fueron acogidos por los pintores como pigmentos, pero les faltaba permanencia.

A principios del siglo XIX, Chaptal se preguntaba si la Química puede servir al Arte (14) e inició estudios sobre la composición de las pinturas antiguas de Pompeya; más tarde, con motivo de las campañas de Napoleón en Egipto, eminentes hombres de ciencia participaron en el estudio de los materiales recogidos.

A lo largo del siglo XIX se afianzan y se generalizan las investigaciones. Para el seguimiento de los trabajos de restauración, Guyton de Morveau y Berthollet formaron parte en París, en 1800, de la Comisión para la transposición de "la Virgen de Foligno" de Rafael (15), y en 1863 Pasteur fue nombrado Catedrático de Física y Química de la Escuela Nacional de Bellas Artes de París. En 1870, el microscopio de von Pettenkofer permitió un gran progreso al permitir el examen de muestras minúsculas y ya a principios de nuestro siglo las técnicas de microquímica de Ostwal, von Raehlmann y Gaspartz hicieron posible que las muestras tomadas fueran cada vez más pequeñas (3).

En 1888 se creó en el Staatliche Museum de Berlín el primer laboratorio de Museo, pero

se puede decir que solo desde hace unos cincuenta años se han iniciado las que podemos calificar de investigaciones sistemáticas, conducidas inicialmente por químicos aislados en diversos Museos del mundo (13) que han ido induciendo la instalación de laboratorios en casi todos los museos importantes.

El Centre International d'Etudes pour la Conservation de Biens Culturels, en Roma, organización dependiente de la UNESCO, ha publicado un repertorio de estos laboratorios en todo el mundo. Modernamente se han ido creando Centros de carácter nacional en diversos países así como organizaciones internacionales entre las que cabe mencionar el Comité del ICOM para la Conservación (UNESCO) y el Instituto Internacional para la Conservación de Objetos de Arte y de Historia, en Londres, New York.

La bibliografía más importante está recogida desde 1932 a 1942 en Abstracts of the Technical Studies in the Field of Fine Arts y a partir de 1952 por su sucesor "Art and Archaeology Technical Abstracts".

## METODOS DE EXAMEN

### Radiaciones ionizantes

La radiografía es uno de los auxiliares más importantes para el examen científico de las obras de Arte; registra la estructura de sus componentes con toda la gama de sus densidades respectivas, poniendo de manifiesto la construcción original así como las alteraciones y restauraciones que afectan a la escala original de estas densidades (16).

Los Rayos X se aplicaron por primera vez al estudio de un cuadro en 1895 en la Universidad de Munich (17) pero, solo a partir de 1914, Faber demostró las numerosas ventajas que ofrecían para el examen de las Obras de Arte (18). A partir de entonces, la utilización de esta técnica en el mundo del Arte corre paralela a la proliferación de los Laboratorios de los Museos, en cuyas publica-



ciones especializadas reflejan las aportaciones principales deducidas de su empleo.

Aunque las técnicas de Rayos X, junto con otros métodos de examen tales como la reflectografía IR y la Fluorescencia UV, constituyen la base de importantes trabajos aplicados al estudio de escuelas de pintura como la Flamenca (19), de importantes colecciones como la del Museo del Louvre y otros {20}, y son motivo de una enseñanza de carácter universitario como en la Universidad de Lovaina (21), estudios menos ambiciosos aparecen en la mayor parte de las publicaciones de Arte (22).

La utilización de los Rayos X ha impuesto la evolución de las técnicas de trabajo para su adaptación a problemas específicos, tales como la lectura de documentos difíciles en pintura sobre tabla con las dos caras del soporte pintadas, o cuando existen en la madera elementos ajenos a la pintura misma. La estratirradiografía permite resolver estos casos; fue realizada por primera vez en 1938 por Marconi quien publicó sus resultados en 1949 (23), utilizando un instrumento muy simple que permitía que un tubo portátil de Rayos X describiera un círculo de 1 m. de diámetro, colocado según un ángulo de 60° respecto al plano cuadrado. En 1946, el Laboratorio del Metropolitan Museum de Nueva York (24) obtuvo resultados similares mediante dos técnicas, una basada en el movimiento pendular del tubo, debajo del cuadro que permanece fijo, y la otra basada en el movimiento de rotación del cuadro en el cono de los Rayos X permaneciendo fijo el tubo. Un dispositivo automático más perfeccionado fue realizado por una firma alemana a propuestas de Vermehren (25) en 1952, en el que el tubo realiza un movimiento pendular al mismo tiempo que oscila en el plano horizontal. En 1964, Loose (26), manteniendo este principio, introduce mejoras en el dispositivo mecánico que le son llevadas a la práctica por una firma belga, al

mismo tiempo que propone el uso de un tubo de rayos catódicos para homogeneizar los documentos obtenidos, en los que aparecen como manchas más claras ciertos obstáculos de mayor espesor.

Siguiendo el camino de las investigaciones médicas sobre las radiografías en colores simulados, radiografía directa en color y radiografía monocromática, la Universidad de Lovaina ha realizado recientemente la adaptación de estas técnicas en las obras de arte (27), demostrando la gran ventaja que ofrecen para enriquecer la imagen, especialmente en los casos de contrastes débiles, con numerosas diferenciaciones que informan mucho más completamente sobre el estado real de las densidades.

El examen radiográfico de los cuadros se va utilizando cada vez más en el estudio, catalogación y valoración de los mismos, constituyendo ya una documentación rutinaria en numerosos Centros. Para que la información deducida sea útil a los especialistas de diferentes países, han sido propuestos varios métodos para establecer un Centro de Radiografías de Arte (28) interesándose por los diferentes aspectos del problema.

Para el estudio de la topografía de la estructura interna de objetos opacos se ha utilizado con éxito la estéreo radiografía utilizando un estereocomputador (29) y los métodos más actuales que utilizan un ordenador (30).

Por otra parte, son frecuentes las pinturas realizadas sobre chapa de cobre; en estos casos, los Rayos X no dan resultado por tener menos densidad los pigmentos que el metal. Bridgman y colaboradores (1958) (30 bis) propusieron el método de radiar el cuadro con Rayos X muy duros, de unos 300 Kv, los cuales penetran fácilmente el metal y provocan una emisión de electrones en los pigmentos; esta emisión de electrones da una imagen sobre una película fotográfica perfectamente adherida a la capa pictórica mediante un sistema de vacío.

La radiografía con radiación Beta procedente de fuentes radioactivas como el C 14 o el Ni 63 , se utiliza para examinar los pequeños espesores de materias poco densas y, al igual que los Rayos X de baja energía, es particularmente útil para el examen de documentos gráficos, tejidos, cueros, etc. Su utilización es muy cómoda por el fácil manejo de las fuentes portátiles y por la ausencia de peligro. Dentro de la gama de energías de la radiación Beta, la atenuación de un flujo de estas partículas es, en primera aproximación, independiente de la naturaleza del material atravesado y función únicamente de la masa por unidad de superficie de este material. El contraste y la definición de la radiografía obtenida serán tanto mejores cuanto más débil sea la energía de las partículas Beta utilizadas. Boutaine (31) aplica esta técnica de examen de documentos gráficos comparando los resultados con los obtenidos mediante la radiografía con electrones y la autoradiografía, ilustrando con varios ejemplos sus posibilidades. Teniendo en cuenta la ley de absorción de los electrones, se pone en evidencia las heterogeneidades de la masa que pueden proceder de la textura, filigranas, etc., del mismo papel, de posibles inclusiones o de las tintas cargadas de minerales pesados. Esta técnica se inspira en la utilizada por los controladores de billetes de banco y emplea emulsiones fotográficas normales que se exponen a la radiación un tiempo variable entre algunos minutos y algunas horas, según la actividad de la fuente, la sensibilidad de la emulsión, etc. y la película se revela de una forma completamente clásica. Benakis (32) hace una interesante aplicación a la identificación de falsificaciones en Pintura, añadiendo la fuente emisora de rayos Beta a un polímero orgánico con el que se cubre el cuadro; la emulsión sensible se sitúa detrás de la pintura, recogiendo información útil de todos los pigmentos de origen mineral y orgánico. Otra interesante aplicación es el estudio

de la retención de disolventes en las pinturas durante los procesos de restauración, comunicada recientemente por Dauchot Dehon (33). La técnica consiste en introducir un trazador radiactivo (C 14) para medir su actividad en la capa de barniz durante la aplicación del disolvente que lo contiene, con lo que se obtienen curvas que permiten calcular el periodo de retención de los disolventes empleados, su coeficiente de difusión, y la concentración en el barniz sobre la capa pictórica.

La determinación de la radiación emitida por sustancias naturales ha sido una técnica empleada para determinar la antigüedad de las pinturas; el "blanco de plomo" es un pigmento muy utilizado en la pintura de todos los tiempos, y un método propuesto para distinguir si es antiguo o moderno (34) consiste en detectar el Pb 210 que se extingue con una vida media de 22 años cuando no está mantenido por su precursor de larga vida el Ra <sup>226</sup> .

La radiografía con radiación  $\gamma$  , emitida por una fuente radiactiva como el Ir <sup>192</sup> ó el Cs<sup>137</sup> se utiliza para penetrar grandes espesores y, por la autonomía de los aparatos, ofrece ventajas en sitios carentes de energía eléctrica. Se ha empleado con profusión por numerosos Centros tales como el "Commissariat a l'Energie Atomique" en Francia (35) o por la "U5 Atomic Energy Commission" (36) encontrándose un campo importante de aplicación en los tratamientos para la conservación de los bienes culturales. Han sido aplicados para la destrucción de organismos vivos en las obras de arte, esterilizando la capa pictórica (37) y destruyendo los insectos en la madera del soporte (38). También se usan en la consolidación de maderas hinchadas de agua para la polimerización de monómeros (estireno poliéster) (39) así como para polimerizar monómeros acrílicos en el interior de materiales porosos secos tales como la madera o las piedras de construcción (40).

La radiografía con neutrones procedentes de reactores nucleares o aceleradores de par-

tículas, constituyen una importante técnica de examen (41). Se ha visto (42) que una radioactivación muy moderada, del orden de 50 rad, provocada en las pinturas al óleo por un bombardeo con neutrones térmicos, hace que un sólo átomo por cada 10.12 se transforme en una especie radiactiva productora de una radiactividad temporal capaz de impresionar una película fotográfica situada en contacto con la pintura. Los autorradiogramas que resultan, se parecen a las radiografías con Rayos X en el sentido que revelan los detalles estructurales de la pintura y del soporte. La absorción de los neutrones por los materiales que atraviesan es muy diferente a la de los Rayos X y Rayos  $\gamma$  y pues, para los neutrones se puede decir en primera aproximación que son más absorbidos por los átomos ligeros. Dado que las radioactividades que surgen de los distintos elementos de una pintura desaparecen de diversas maneras y con ritmos diferentes, es posible obtener una serie de autorradiogramas netamente distintos, exponiendo la película con filtros apropiados y en momentos diferentes después de la activación inicial, lo que permite identificar un buen número de pigmentos y situarlos en el lugar que ocupan dentro de la pintura. Esta técnica no afecta a las características del cuadro, pues las pruebas realizadas con dosis de radiación cien veces mayor se conservan desde hace unos diez años inalteradas. La neutrografía ha dado importantes resultados en el estudio de pinturas americanas del siglo XIX (43) y también ha sido aplicada para intensificar las líneas en el análisis espectral de trazas de elementos en los pigmentos de los cuadros (44).

#### Radiaciones ultravioleta e infrarrojas

Cuando una obra de arte se "ilumina" con ultravioleta (UV) la superficie se excita y muestra una serie de modificaciones que son temporales, causadas por proceso físico consistente en emitir una radiación de diferente longitud de onda, denominada corrientemen-

te fluorescencia, que también puede aparecer en el infrarrojo próximo (IR) (45). Utilizando lámparas especiales se pueden ver estas modificaciones. y fotografiarlas utilizando filtros en la cámara que eliminen la radiación ultravioleta reflejada, dejando pasar únicamente la radiación visible. Es muy difícil la interpretación de estas imágenes debiendo limitarse a investigar las discontinuidades que se observan para, más tarde y por otros procedimientos, objetivar las causas (46).

Las imágenes mediante ultravioleta reflejado sólo pueden obtenerse con sistemas sensibles al ultravioleta y la información obtenida es claramente distinta de la fluorescencia. El vidrio absorbe la radiación ultravioleta desde los 3150 Å por lo que si se utiliza una cámara fotográfica ésta debe tener lentes de cuarzo; por otra parte, los convertidores de imagen (47) permiten una inspección rápida y existen ciertos tipos de tubos de televisión que son sensibles hasta los 3500Å (48).

La radiación infrarroja, esto es, el "calor" que se utiliza para examinar la superficie de las obras de arte, procede del cuarzo de las lámparas utilizadas para iluminar los museos y, por esto, su efecto es bien conocido (49) desde el punto de vista de las precauciones que se han de tomar durante el trabajo. Para hacer visible la imagen, se ha recurrido a la fotografía empleando películas especiales que permiten trabajar a una longitud de onda de unos 9000 Å (50) y se han perfeccionado los resultados filtrando las imágenes y reproduciéndolas en color a partir de selecciones tricromáticas (51). Los convertidores de imagen, utilizados más generalmente para fines militares, alcanzan hasta unos 11000 Å y tiene la ventaja de permitir una observación inmediata, pero en las áreas azules la penetración es también insuficiente (52). La utilización de la reflectografía mediante un circuito cerrado de televisión, fue introducida por Van Asperen de Boer (53), lo cual ha permitido la utilización de radiaciones hasta 24000 Å con

lo que también las áreas azules se hacen bastante transparentes (53 bis).

## MÉTODOS DE ANÁLISIS

### Radiaciones ionizantes

Para analizar la materia de las obras de arte, contrariamente con lo que suele suceder con los objetos arqueológicos, la toma de muestras representa casi siempre un ataque considerable a su integridad, siendo imprescindible, o no tomar muestras utilizando sobre la obra técnicas de análisis no destructivo, o tomar muestras tan pequeñas que no alteren apreciablemente el objeto, esto es, tomar micromuestras que exigen unos conocimientos y una habilidad importantes, para que las muestras sean representativas y satisfagan a las necesidades instrumentales. Sobre estas micromuestras se deben aplicar preferentemente métodos no destructivos, a fin de conservarlas para otros ensayos o simplemente para someterlas de nuevo a las mismas medidas una vez que las técnicas hayan evolucionado. La fluorescencia de Rayos X es una técnica de análisis de superficie que suministra datos extraordinariamente útiles. Bajo la acción de las radiaciones producidas por un tubo de Rayos X o un acelerador, la muestra emite una radiación X secundaria, llamada de fluorescencia, que caracteriza el material analizado. Se puede aplicar directamente sobre la superficie de los objetos detectando los átomos de número atómico comprendido entre el sodio y el uranio (54), y se ha aplicado con éxito al estudio de micromuestras en cortes estratigráficos de pinturas (55) para determinar la composición elemental de las distintas capas en cuadros de los siglos XVII y XVIII, utilizando una microsonda de Rayos X ligada a un espectrógrafo de vacío con foco fino (56) con lo que se han podido analizar capas de 20 a 50 micrones de espesor detectando elementos de número atómico mayor que 16. Bagliano y colaboradores (57) analizan los

problemas derivados de la pequeñez de la muestra y del efecto de matriz, proponiendo soluciones útiles para el análisis de muestras de 1 a 5 mg. Schweizer (58) ha propuesto recientemente un nuevo microanalizador de Fluorescencia de Rayos X utilizando un tubo de 30 KV /1 mA ó una fuente de radioisótopo (Am241) como excitación primaria. Hall (59) examina la elección de las técnicas de Rayos X en función de las muestras a analizar, y Lahanier ha desarrollado un equipo válido para estudiar la superficie de las obras con excitación directa (60) y análisis de fluorescencia en dispersión de energía y en longitud de onda.

Los sistemas de microsonda electrónica se derivan de estos mismos principios: el impacto de un haz de electrones focalizado, provoca la emisión de un pincel muy fino de Rayos primarios y el análisis de la radiación de fluorescencia emitida por la muestra se realiza o con un espectrómetro de cristal y un contador Geiger, o directamente con un contador proporcional cuando se trata de números atómicos entre 6 y 12. El enfoque y la observación de la zona que se quiere estudiar, se hace con ayuda de un microscopio óptico; existen aparatos provistos de un sistema de barrido, que permite efectuar perfiles de la composición química de una muestra que están siendo aplicados en el Museo del Louvre (61) al estudio de algunas pinturas italianas de los siglos XIV al XVI. La microsonda electrónica aplicada al estudio de los cortes transversales de pintura (62) es una técnica no destructiva que permite una rápida determinación cualitativa y semicuantitativa de la composición elemental de cada capa. El microanalizador electrónico (63) permite analizar áreas muy pequeñas de hasta 0,5 á 1 micrones, y ha sido utilizado, al menos desde 1959, para el estudio de cuadros y objetos policromados.

Como fuentes de radiación primaria se pueden utilizar isótopos tales como el Fe-55 (emisor X), Polonio-210 (emisor (X), Americium

241 y Cobalto-57 (emisores  $\gamma$ ), con actividades del orden de algunos milicurios, pero estos dispositivos son menos puntuales y menos sensibles aunque poseen ventajas como ser portátiles y dar una emisión muy estable. La espectroscopía de Moessbauer a partir de Fe-57 ha sido aplicada por Gangas (64), y recientemente Savov y Petrakiev (65) utilizan estas técnicas para el análisis de la pintura mural, demostrando su utilidad para la identificación de pigmentos en una o varias microcapas. Tominaga (66), ha publicado en 1979 una revisión de las técnicas experimentales y de la información disponible.

La espectrometría de masas es un método de análisis de los iones producidos a partir de una muestra, que se separan posteriormente según la relación entre su masa y su carga eléctrica por la acción de campos eléctricos y magnéticos. La elección del método de producción de los iones depende, en general, de la naturaleza del material a estudiar: bombardeo electrónico para los gases y los compuestos vaporizables; arco para los sólidos, conductores o no; emisión termoiónica para los materiales solubles; bombardeo iónico para las muestras sólidas. Los espectros de masas han sido utilizados para estudiar pigmentos, reconocerlos, y determinar el origen de los materiales: Keisch (67) toma en consideración cuatro elementos, Pb, S, e y  $^{\circ}$ , y para los dos primeros, fecha las muestras de blanco de plomo y distingue entre el ultramarino natural y el artificial, Weiss y Biemann (68) han aplicado estas técnicas al estudio de los aglutinantes de pintura y, en análisis isotópico, dejando aparte el estudio de los isótopos del oxígeno para la determinación de los paleoclimas, han sido empleadas sobre todo para el análisis del plomo (Pb-210), permitiendo reconocer el origen de los minerales y la edad de ciertos pigmentos. El espectrómetro de masas a bombardeo con iones puede ser modificado para obtener un aparato denominado sonda iónica, transformando las ópticas electrónicas

y magnéticas que separan los iones en un verdadero microscopio iónico, pudiendo obtener masa por masa un espectro de rayas o una imagen que representa la situación de cada elemento en la muestra. También se puede reemplazar el sistema habitual de emisión de iones por el haz de un láser de rubí que emite sobre la muestra un impulso de luz breve focalizado (69), con lo que la superficie de la muestra se vaporiza y los iones producidos son desviados para obtener un espectro, utilizado también para el estudio de la composición de las pinturas.

El análisis por activación ha progresado mucho en los últimos años, habiéndose aplicado al estudio de una gran variedad de problemas de las Obras de Arte. Consiste en someter una muestra o un objeto a un flujo de partículas: neutrones térmicos o rápidos, protones, deuterones e incluso fotones de gran energía; después se examinan las radiaciones gamma las emisiones de partículas alfa o de protones, testimonio de las reacciones nucleares producidas en la muestra por el haz incidente. Este método es extraordinariamente sensible y permite detectar impurezas en niveles del orden  $10^{-13}$  a  $10^{-6}$  según los elementos. En 1966, Kuhn (70), Lux (71) y otros (72), publicaron importantes trabajos sobre los esquemas de distribución características en el blanco de Pb de trazas de Cu, Ag, Cr, Mn, Sb y Ba que difieren cualitativa y cuantitativamente en las distintas épocas y escuelas detectando diferencias notables en las trazas de Antimonio y Plata para los pintores Venecianos y Alemanes de los siglos XVI y XVII y viendo que el pigmento del siglo XX contiene poco Cu y Ag (1 ppm), pero a menudo una alta proporción de Zn y Ba (1 %). En 1967 Kuhn (73) publicó tres trabajos sobre los pigmentos blanco y amarillo de plomo profundizando en el conocimiento de sus principales características y el mismo tema también es seguido por Lux (74) en 1969, quien trabaja sobre muestras raspadas

de los cuadros -inferiores a 1 mg- y, después de irradiación y separación radioquímica, detecta nueve elementos incluido el mercurio. La activación con neutrones ha sido aplicada al conocimiento de la mayor parte de los pigmentos utilizados tradicionalmente en pintura, cuyos estudios monográficos han ido apareciendo en los últimos años en *Studies in Conservation* (75). La irradiación con protones de energía media (10 MeV) durante una hora ha permitido (76) estudiar las capas de oro antiguo, determinando los contenidos de una decena de elementos como la plata, el cobre, hierro, zinc, etc., mediante espectrometría y utilizando un detector de germanio-litio de alta resolución.

#### TÉCNICAS DE MICROQUÍMICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PIGMENTOS

Para realizar un análisis puntual de la superficie de una obra de arte, es necesario empezar con un examen previo mediante un microscopio estereoscópico y, seguidamente, tomar una micromuestra con ayuda de un instrumento punzante. Seguidamente se procede a preparar, con parte de esa materia, una estratigrafía que pasará, en última instancia, a una "lámina delgada" puliéndola para que

pueda ser estudiada por transparencia con ayuda de un microscopio biológico y petrográfico; el proceso es similar al empleado en petrografía y las muestras observadas se comparan con los materiales de referencia que poseemos.

Para aclarar distintos problemas es necesario recurrir, seguidamente, a análisis químicos conducidos sobre esas micromuestras; las primeras investigaciones de este tipo sobre pigmentos de pinturas son las realizadas por Davy en 1815 en los frescos de Pompeya (77). Raehlmann publicó en 1913 (78), una historia de los pigmentos basada en las determinaciones microscópicas y microquímicas realizadas, dando aquí los fundamentos para la utilización de estos métodos. Bontinck (79) ha revisado en 1945 la historia de estas investigaciones y, en 1956, Plesters (80) ha realizado unas tablas útiles para la identificación de todos los pigmentos empleados hasta principios del siglo XX.

En estos análisis es muy importante tanto la experiencia como el conocimiento de las bases teóricas de las reacciones microquímicas (81). En España las venimos utilizando rutinariamente, desde 1965, en el laboratorio del Instituto de Restauración (82) y desde 1980 en el Museo del Prado (83). ■

---

#### BIBLIOGRAFÍA

(1) Coremans, P. (1950). "L'introduction d'un nouveau critere dans l'appréciation des oeuvres d'art: les sciences naturelles", *Alumni*, vol. XIX, Bruxelles, pag. 292-301.  
 (2) Hours, M. (1964). "Les secrets des Chefs-d'oeuvres". Edt. Laffont. París.  
 (3) Van Asperen de Boer, J.R.J. (1916). "An introduction to the scientific examination of paintings", *Nederlands Kunsthistorisch Jaarboek 1975. Deel 26. Ffbula-van Oishoeck. Busseum. Pag. 1-40.*

(4) Catálogo de la Exposición, publicado por el Ministere de la Culture et de la Communication (1980). Editions de la Réunion des musees nationaux. París. Resumen publicado por el Correo de la UNESCO, marzo de 1981  
 (5) Cultural Property and Analytical Chemistry. International! Symposium (1979). Tokio National Research Institute of Cultural Propertieso (5 bis) ICOM. Committee for Conservation. 6th Triennial Meeting. Ottawa 21-25, september 1981.

- (6) Van Lennep (1966). *BArt et Alchimie*. Edt. Meddens. Bruxelles.
- (6 bis) Sanchez Cantón, F. (1944). "Auxilios que presta la ciencia para el estudio de las obras de Arte", *Boletín de la Sociedad Española para el Progreso de las Ciencias*. Madrid.
- (7) Nieto G. (1970). "Auxilios que la Ciencia presta para el estudio y conservación de los Bienes Culturales". *Informes y Trabajos del Instituto de Conservación Y Restauración de Obras de Arte*. Vol. 11 Madrid, págs. 5-32.
- (8) Cabrera, J. (1978). "Les materiaux de peinture de la caverne d'Altamira". *ICOM, Comité pour la Conservation*. Zagreb (78/15/3).
- (9) Gettens, R.j. (1972), Feller, R.L. and Chase, W.T. "Vermillon and Cinnabar", *Studies in Conservation*, vol. 17, nº. 2, pag. 45.
- (10) Gettens, R.j., Fitzhugh, E.W. (1966), "Azurite and Blue Verditer", *Studies in Conservation*, vol. 2, nº. 2, pag. 54-61.
- (11) Schippa, G., Torraca, G. (1957). "Contributo alla conoscenza del "Bleu Egiziano". *Bolletino del Instituto Centrale del Restauro*, nº. 97-107. Roma.
- (12) Cabrera, J. (1969). "El Azul Maya", *Informes y Trabajo del instituto de Conservación Y Restauración de Obras de Arte*, vol. 8. Madrid.
- (13) Brommelle, N. (1956). "Material for a History of Conservation". *Studies in Conservation*. Vol. 2, nº. 4.
- (14) Chaptal, M. (1805). "La Chimie, peut-elle servir aux Arts?". París.
- (15) O'Reilly (1800). "Sur la restauration des vieux tableaux: transposition de la Vierge de Filigno de Raphael ". *Annales des Arts et Manufactures*, 1. VII, 30, Frimair an. X.
- (16) Cabrera, J.M. y Garrido, M.C. (1973). "Aplicación de las radiaciones ionizantes al estudio y conservación de las obras de arte". Ponencia al 50 Congreso Mundial de Radiología. Madrid. 1971
- (17) Marijnissen, R.H. (1967). "Degradation, Conservation et Restauration de l'oeuvre d'art". Edt. Arcade, Bruselas, pag. 274-280.
- (18) Bridgman, Ch.F. "The amazing patent on the radiography of paintings", *Studies in Conservation*, Vol 9 (1964). pag. 135-139.
- (19) *Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique*, Bruselas números 1 (1958) al 12 (1970), y *Corpus del Centro Nacional d'Etudes Primitifs Flamands*, Bruselas.
- (20) *Bulletin du Laboratoire du Musee du Louvre*, ha publicado estudios aplicados a numerosos pintores, tales como: Carot nº. 7 (1962), pag. 3-39; Delacroix nº. 8 (1963), pag. 5-19; Watteau nº. 9 (1964) pago 7-18; Tiziano nº. 9 (1964), pag.18-30; Tintoretto y Velazquez nº. 9, (1964), 47-53; J. Clouet, F. Christien, J. Vouet, E. Degás nº. 10, (1965), pago 57-71; Carreño de Mirandano.10(1965), pag. 15-34, etc.
- Hours, M. (1965). *Rembrandt durchlenchtet, Röntgen und Infrarotaufnahmen der Rembrandt-bilder im Louvre*. Exhibition Catalogue. Kunsthau, Zurich, Switzerland, 23 february-2 april, pag. 29.
- Verheyen, E. (1966). *Tizians Eitelkeit des irdischen, Prudentia und Vanitas. Pantheon*, 24, nº. 2, pag. 88-99.
- (21) *Laboratoire d'Etudes des Oeuvres d'Art par les methodes scientifiques*, Universidad de Lovaina, Bélgica.
- (22) Menendez Pidal, G. Y Angulo Iñiguez, D. (1965) "Las Hilanderas de Velazquez: Radiografías y fotografías IR", *Archivo Español de Arte*, vol. 38, pag. 1-12.
- (23) Marconi, B. (1949). *Rentgenografia Obrazow. Nowe Polskie urzadzenia i metody*. *Ochrona Zabytkow*, 11, marzo, p. 25-30.
- (24) Pease, M. (1946). A note on the Radiography of Paintings". *The Metropolitan Museum of Art Bulletin*, vol IV, p. 136-139.
- (25) Vermehren, A. (1952). *sune possibiliHtá stereostrato-radio grafische di un nuovo tipo di apparecchio a reggi X*". *Bolletino dell'Instituto Centrale de! Restauro*, vol. 11-12, pago 121-133.
- (26) Loose, L. (1964) "La stratiradiographie et le tirageathodique". *Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique*, vol 7, pag. 172-186.
- (27) Uetaert y otros "La radiographie en eoulcur appliquee a l'etude des oeuvres d'Art". *ICOM-Conservation*, Madrid, 1972.
- (28) Lou White, M. (1972) "A. proposal for the establishment of Fine Arts Radiographic Center". *ICOM Conservation*, Madrid.
- (29) Loose, lo (1961) "La macrophotographie stéréoscopique". *Bulletin d'Institut Royal du Patrimoine Artistique*, vol. IV, Bruxelles, pag. 44-56.
- (30) Museus, LA. and Cherny, A.N. (1981), "X Ray stereographic investigation of works of Applied Art". *ICOM-Conservation*, 81/1/1. Ottawa.
- (30 bis) Bridgman, c.F., Keck, S. and Sherwood, H.F. (1958), "The Radiography of Panel Paintings by electron Emission". *Studies in Conservation*, vol. 3, 1958, pp. 175-182.
- (31) Boutaine, M. t191'3) "Betagraphie et Techniques Connexes dans l'examen des documents graphiques". *International Conference on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art*, Aeademia Nazionale dei Lincei, Roma-Venecia.
- (32) Benakis, A. (1966) "Identification and detection of forgeries in works of art with beta rays". *French patenti* 1,445, 814, july 15.
- (33) Dauchot-Dehon, M. (1973) "Etude de la rétention des solvents par traceur dan les peintures". *Institut Royal du Patrimoine Artistique*, Bruselas.
- (34) Keisch, B. Feller, R., Levino, A and Edwards, R.

- (1961) "Dating and authenticating works of art by measurement of alpha emitters" *Science*, vol. 155, no. 3767, page 1238-1242.
- (35) Programme "Nucleart" Departemen des Radioelements, Section d'Application des Radioéléments, C.E.A.
- (36) Como divulgación ver: Keisch (1972), "Seorels of Pas!", *Nuclear Energy Application in Art and Archaeology*, U.S.A.E.C. Office of Informarían Services, No. 79-184203.
- (37) Barcellona, L. (1973). "Sterilization studies on paintings by means of gamma radiations". Instituto Centrale del Restauro. Roma.
- (38) Mihailov, A., Sharov, P. y otros (1972) "Radiosterilintion of wooden articles of art museum objects". ICOM-Conservation. Madrid.
- (39) Detanger, B. y otros "Le programme Nucleart". International Conference on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art, Roma-Venecia, (1973).
- (40) Nadillac, L. (1972) "Utilisation do rayonnement gamma dans la conservation de la pierre". *The Treatment of Stone. Proceedings of the Meetings of the Committee for the Conservation of stone*, Centro per la Conservazione delle Sculture all'aperto. Bolonia, pag. 73-80.
- (41) Barton, J.P. (1965) "Radiology using neutrons". *studies in conservation*, vol. 10, no. 4, pag. 135-140.
- (42) Sayre, LV. and Lechtmen, H.N. (1968) "Neutron activation autoradiography of oil paintings". *studies in Conservation* vol 13, no. 4, pag. 161-1 85.
- (43) Cotter, M. J. y otros (1973), "Neutron activation An wradiographic Study of Works of the Nineteenth Century American Peinter". International Conferenee on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works or Art, Roma-Venecia.
- (44) Petrakiev, A. and Savoy, A. (1973) "Utilization of conventional and neutron radiography in the spectral analysis of traces of elements for the study of works of art". University of Sofia, National Institute of Monuments of Culture, Sofia.
- (45) Bridgman, e.F o and Gibson, H.L (1963) "Infrared Luminiscence in the Photographic Examination of Paintings and other Art Objets". *Studies in Conservarían*, vol. 8, pago 77-83.
- (46) Algunas referencias útiles son:
- Rorimer, j.j. (1931) "Ultra-violet Rays and their Use in the Examination of works of art". *The Metropolitan Museum of Art*. New York.
  - Eibner, A. (1933), "Les rayons ultraviolets appliques a l'examen des couleurs et des agglutinants". *Mouseion*, vol. XXI, XXII, pago 32-69.
  - Lyon, R.A. (1934). "Ultraviolets Rays as aids to Restorers". *Technical Studies in the Fieldof Fine Arts.*, vol. 11, pag. 153-157.
- (47) Heimann, W. "Elektronenoptische Bildwandler und Bildverstarker" *Zeitschr fur Instrumenterkmde*, vol 73, pag. 5761 Y 145-149.
- (48) Mairinger, F. und Newton, T.B. (1976). "Die Anwendung der Papierrestaurinrung". *Maltechnik Restauo*, vol. 82, pag. 33-39.
- (49) Wolters, e. and Kühn, H. (1962). "Behaviour of Painted Woof Panels under Strong Illumination". *Studies in Conservarían*, vol 7; pag.1-9.
- (50) Clark, Cf.W. (1946) "Photography by Infrared" j. Wiley and Sons, . New York.
- (51) Loose, L (1973) *Infrarouge en couleurs et positifs en couleurs a partir de sélection trichromes*". *Bu/letin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique*, vol. XIV, Bruselas.
- (52) Heiber, W. (1968), "The use of an Infrared Image-converter for the Examination of Panel Paintgs". *Studies in Conservation*, vol 13, pag. 145-149.
- (53) Van Asperen de Boer, J.R.J. (1970) "Infrared Reflectography. A Contribution to the Examination of Eartier European Paintings". Tesis doctoral. Universidad de Amsterdam.
- También (1974) "A note of the use of an Improved Infrared Vidicon for Reflectography of Paintings" en *Studies in Conservafian*, vol. 19, pag. 97-99.
- (53 bis) Cabrera, J .M. Y Garrido, M.e. (1981) "Dibujos subyacentes en los cuadros de Fernando Gallego". *Boletín del Museo del Prado*, Tomo 2, nº. 4, Madrid, pag. 27-48.
- (54) Cesareo, R. and Marabeli (J973) "X-Ray Fluorescence analysis of a paintings during restoration process". *Istituto Centrale del Restauro*. Roma.
- (55) Taylor, JM. (1972) "An Improved X-Ray Macroprobe Technique for cross-section Analysis of Museum Objets". *Canadian Conservation Institute*, Ottawa.
- (56) Stolow, N. y otros (1969) *Element distribution in cross-section of paintings studies by the X-Ray Macroprobe*". *Studies in Conservation*, vol. 14. pág 139-151.
- (57) Bagliano, G. Y otros (1973). "Semiquantitative analysis of pigment samples". *International Conference on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art*, Roma, Venecia.
- (58) Schweizer, F. (1973) "X-Ray Fluorescence Analysis of Museum Objets: A new instruments". *International Conference on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art*, Roma Venecia.
- (59) Hall, E.T. (1973) "The choice of X-Ray analytical Technique" en *International Conference on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art*, Roma, Venecia.
- (60) Lahaier, Ch. (1979) *L'Aplication des Techniques de*



Fluorescence X au Laboratoire de Recherche des Musées de France”, en International Symposium, Cultural Property and Analytical Chemistry. Tokio National Research Institute of Cultural Properties. Tokio 1979, pago 135-158.

(61) Delbourgo, S. (1972). “Application de la macrosonde électronique a l’étude de quelques peintures italiennes du XIV au XVI siècles” IIC-Congress on the Conservation of painting and Graphic Arts, Lisboa, pago 101-114.

(62) Elzinga-Ter Haar, G. (1971) “On the use of the electron microprobe in analysis of cross-section of paint Samples”. Studies in Conservation, vol. 16, nº. 2, pag. 41-45.

(63) Ogilvie, R.E. (1965) “Electron Microanalysis of Paint Samples from the Bershen Sarcophagus”. Application of Science in Examination of Works of Art Museum of Fine Arts, Boston, pag. 223-229.

(64) Gangas, N.H. (1973) “Moessbauer Spectroscopy as an Analytical Technique in Art”, en International Conference on the Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art, Roma, Venecia.

(65) Savov, A. et PetraKiev, A. “Utilisation d’isotopes radioactifs por l’étude de la composition chimique de peintures murales”. Institut National des Monuments Historiques, Université de Sofia, pag. 39.

(66) Tomiga, T. (1979). “Conservation of Cultural and Mossbauer Spectroscopy”. Cultural Property and Analytical Chemistry. International Symposium. Tokio National Res. Inst. of Cult. Prop. pag. 195-206.

(67) Keisch, B. (1970), “On the use of isotope mass spectrometry in the identification of artists pigments”. Studies in Conservation, vol. 15, nº. 1, pag. 1-11.

(68) Weiss, N.R. and Biemann, K. (1972). “Application of mass spectrometric techniques to the differentiation of paint media”. IIC-Congress on the Conservation of paintings. Lisboa, p. 729-734.

(69) Brech, F. and Young, W.J. (1965), “The laser microprobe and its application to the analysis of Works of Art”. Application of Science in Museum of Fine Arts, Boston, pag. 230-237.

(70) Kuhn, H. (1966) “Trace elements in white Lead and their determination by emission spectrum and neutron activation analysis”. Studies in Conservation, vol. 11, nº.4, p. 163-169.

(71) Lux, F. and Braunstein, J. (1966) “Aktivierungsanalytische Gemal deuntersuchungen Bestimmung des Spuzangehaltes in Bleweiss von Gemalden der Atten Pinakothek zu München”. Zeitschrift für analytische Chemie, vol. 221, pag. 235-254..

(72) Anon (1966) “Traces in white lead Neutron activation analysis at the service of art history”. Nachrichten aus Chemie und Technik, vol, 14, nº.10. pag. 225.

(73) - Kühn, H. “Bleiweiss und seine verwendung in der Malerei”. Farbe Lack, vol. 73, nº. 2, pag. 99-105.

- Kühn, H. (1967) “Bleiweiss und seine verwendung in der Malerei”. Farbe Lack, vol. 73, nº. 3, pag. 1-12.

-Kühn, H. (1967) “Blei-zinn-Gelb und seine verwendung in der Malerei”. Farbe Lack, vol. 73 nº. 10, pago 938-948.

(74) Lux, F. y otros (1969). Investigations 00. the age and place of origin of paintings by neutron activation analysis”. National Bur. Stand. Spec. Publico vol 1, nº. 312.

(75) ver por ejemplo: Gettens, R.J., Feller, R.L. and Chase W.T. (1972) , Vermillon and Cinnabar”. Studies in Conservation, vol 17, nº. 2, Pag. 45. También: Azurita, Malaquita, Ultramarino, etc.

(76) Barrandon, J .N., Oebrun, J.L. et Hours, M. (1973). “Application des reactions nucleaires induites par irradiation dans les protons a la caracterisation des ors anciens”. International Conference on. the application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art, Academia Nazionale dei Lincei, Roma-Venecia.

(77) Davy, H. (1815). “Some Experiments and observations on the Colours Used in Paintings by the Ancients”. Philosophical Transactions, vol 15, pag. 97-124.

(78) Raehlmann, H. (1910). “Über die Maltechnik der Alten mit besonderer Berücksichtigung der Romisch-Ponpejanischen Wandmalerei, nebst einer Anleitung zur Mikroskopischen Untersuchung der Kunstwerke”, Berlín.

(79) Bontick, E. (1945). “Chimie et microchimie appliquées a l’examen des peintures artistiques”. La chimie des peintures. vol 8, pag. 195, 201,258,289,318,320.

(80) Plesters, J. (1956). “Cross-sections and Chemical Analysis of paint Samples” en Studies in Conservation, vol 1, pag. 110.157.

(81) Vogel, A.I (1969). “Macro and Semimicro Cualitative Inorganic Analysis”. Longmans, London.

(82) Cabrera, J.M. (1966). “La Virgen de la mosca de la Colegiata de Toro: Examen de Laboratorio”, Informes y Trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Vol. 6, Madrid.

(83) Cabrera. J.M. (1980). “La Piedad de van der Wayden “: Examen de Laboratorio”. Boletín del Museo del Prado, vol. 1, Madrid.

(84) Arnheim, R. “El Guernica de Picasso: Génesis de una pintura”. Gustavo Gili, Barcelona, 1977, pag. 23-24.

### 5.3. Contaminación y patrimonio: Punto de vista del Restaurador



#### 1. INTRODUCCIÓN

De entre todos los problemas que plantea la Restauración, uno de los más delicados es el de la limpieza de las fachadas de los Monumentos afectados por la Contaminación atmosférica, pues en esas superficies se concentra la mayor parte de su significado Histórico Artístico y la operación es siempre irreversible.

Nadie pone en duda hoy la necesidad de limpiar nuestros Monumentos, pero unos imaginan que si se retira todo lo que hay sobre la piedra, se recupera el estado primitivo de forma automática y sin hacerles daño, mientras que otros consideran esta fórmula un tanto simplista y poco conforme con el verdadero estado de las superficies manufac-

turadas y el sentido profundo de sus variados matices.

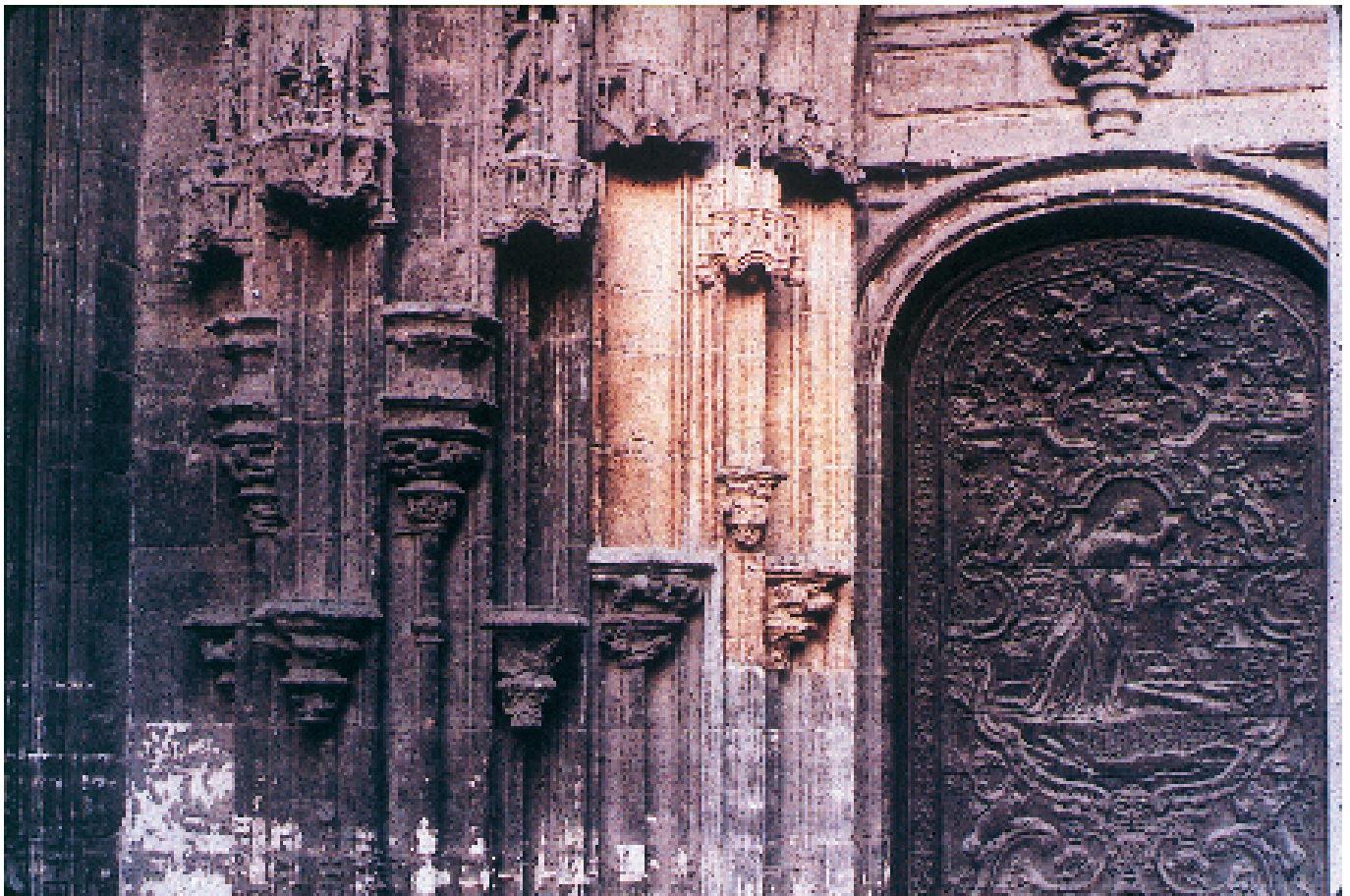
Las divergencias no se manifiestan en forma alguna sobre el principio sino sobre la aplicación y, por esto, resulta importante examinar esos estados de superficie para conocer su significado y deducir las orientaciones metodológicas de las intervenciones más convenientes a cada caso.

La Restauración, que busca la Conservación del Monumento como conclusión principal de orden práctico, utiliza la experiencia interdisciplinar combinada respecto al objeto como un camino para explorar y descubrir cuantos conocimientos sobre nosotros mismos han quedado impresos en su materia, colaborando así en el proceso de la crítica histórica con la interpretación renovada de las cosas de los hombres capaces de haber dejado una impronta sobre las fachadas de los Monumentos.

En esta Ponencia, se han querido confrontar las conclusiones procedentes de los informes del Restaurador y de los Investigadores de laboratorio sobre un conjunto de Monumentos españoles afectados por la contaminación atmosférica, para tratar de distinguir entre las "costras de sulfatación" por contaminantes atmosféricos y los "enyesados" con que la tecnología de diferentes épocas vino a dar remate a las paredes de fachada.

#### 2. ESTADOS DE SUPERFICIE EN ALGUNOS MONUMENTOS ESPAÑOLES

Los materiales de construcción y la piedra en particular, han recibido en diversas épocas tratamientos de superficie tanto en los parámetros de las fábricas como en molduras, comisas figuraciones arquitectónicas y esculturas en general. En casi todos nues-



Detalle de una prueba de limpieza sobre la chambrana de la puerta lateral en el Pórtico occidental de la Catedral de Oviedo.

En ennegrecimiento general se debe a los aerosoles de la atmosfera contaminada y la idea científica, generalmente aceptada, asegura que los gases ácidos corroen la piedra para formar yeso y "costra negra" por lo que preconizan que se debe de eliminar todo lo que recubre la piedra.

Desde la restauración, no ponemos en duda la necesidad de limpiar las cosas sucias, pero la prueba de limpieza ejecutada nos muestra una epidermis de color pardo, a base de yeso y pigmentos aglutinados con temple de huevo y cola, que situa el asunto como un problema de aplicación. El debate no está en modo alguno entre limpiar o no limpiar sino en "como se debe limpiar". Si de lo que se trata es de confundirnos con actuaciones expeditivas en la búsqueda de "soluciones prácticas" para desarrollar los Monumentos del pasado, debemos responder que el problema depende una vez más de la metodología de trabajo empleada por un operador sensible.

En nuestros Monumentos se conservan testimonios expresivos y son abundantes en la mayor parte de nuestras Catedrales y Monumentos de la Iglesia que, salvo pocas excepciones, se han limpiado poco y con bastante prudencia. No se trata aquí de referirnos a todos ellos, sino de centrarnos exclusivamente en los que utilizan el Yeso como materia fundamental dejando al margen los recubrimientos a base de Cal propios del Siglo XVII y las prepara-

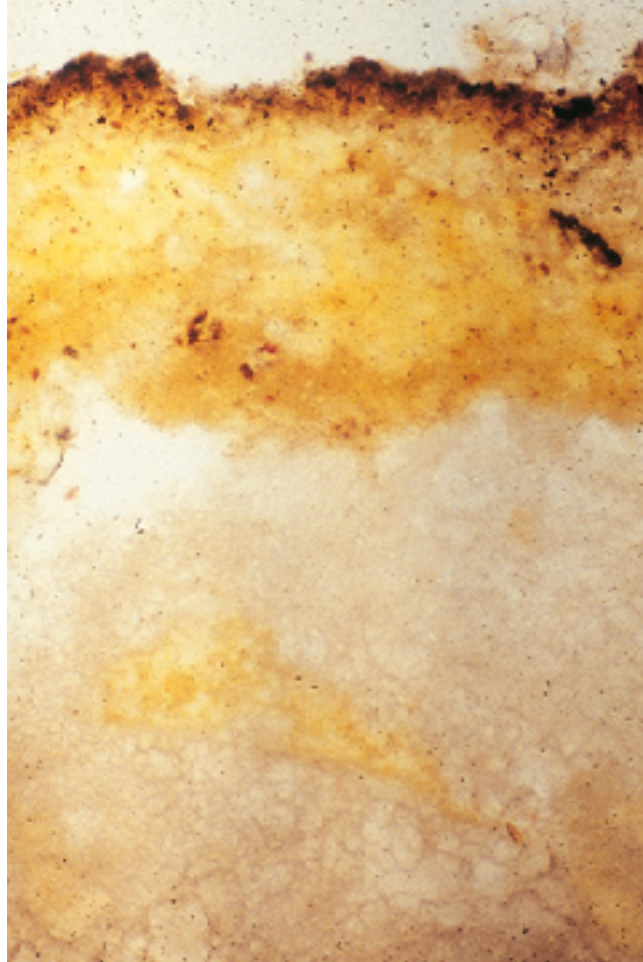
ciones con Albayalde y Blanco de San Juan de las tradiciones técnicas medievales que se prolongaron el tiempo con las escuelas del Norte de Europa.

Durante los trabajos de Restauración realizados en las últimas décadas hemos podido comprobar la existencia de dos tipos de recubrimientos hechos con Yeso. El primero de ellos, podemos referirlo a un estuco a base de Yeso fino, ya sea mezclado con arena

de cuarzo y sustancias proteicas ya sea Yeso blanco dado solo con agua, similares a la preparación de la madera que caracteriza a la pictórica de la Escuela Hispano-Flamenca, y así aparece en los Portales de la Catedral de León (Occidental y Meridional), Portada del Obispo de la Catedral de Palencia, Pórtico Occidental de la Catedral de Oviedo y como base intermedia de repolicromados tardíos, en el Pórtico de la Gloria y en la Puerta Santa de la Catedral de Santiago, mientras que, como Yeso solo, dado con agua, aparece sobre las terracotas de la Portada del Perdón de la Catedral de Sevilla.

Los Informes científicos de Laboratorio redactados sobre estos Monumentos han querido establecer, sin lugar a dudas, que la superficie de Yeso sobre Terracota, Calizas, Areniscas y Granito era debida a la acción química de los contaminantes atmosféricos<sup>2</sup>, pero entre los profesionales de la Pintura, estos recubrimientos se reconocen con toda normalidad como “los yesos del XVI” que el restaurador encuentra frecuentemente y que caracteriza con total seguridad realizando sencillas pruebas de cristalización, tinción o precipitación, trabajando sobre micromuestras y de acuerdo con la metodología puesta a punto por los Laboratorios de Museo<sup>3</sup>

La descripción técnica de estos recubrimientos nos ha llegado documentalmente a través del Libro del Arte de Cennino Cennini que recoge las tradiciones técnicas anteriores a 1437, coincidentes con las obras de las Escuelas del Sur y, en particular con los pintores Hispanoflamencos de finales del XV y del XVI<sup>4</sup>. Cennini empieza el trabajo limpiando bien la piedra y dándole una o dos manos de cola bien caliente, dejándola luego secar. A continuación, hierve aceite de linaza con carbón y 1/3 de barniz, hecha el mordiente, separa el carbón. y mezcla todo bien, dándolo muy caliente con igualdad por las partes, con un pincel de cerdas grueso; lo deja secar bien al aire y al sol y. mediante una esponja le apli-



Fotomicrografía a 150 aumentos de la superficie del pórtico occidental de la Catedral de Oviedo.

Sobre la dolomita blanca de Laspra se ve el cuero de color pardo a base de Yeso transparente por estar impregnado con temple de grasa. Sobre el aparece una fina capa de aceite de linaza ligeramente pigmentado. Finalmente en superficie, las partículas carbonosas de la contaminación atmosférica

El ennegrecimiento de la superficie se debe esencialmente a la capacidad de retención del aceite respecto a los aerosoles, que depende de la elevada energía de superficie y es un problema fisicoquímico de superficie que actúa atrayendo y reteniendo fuertemente las partículas en suspensión, aunque estas sean cuantitativamente poco numerosas.

ca bien caliente un temple de cola y yema de huevo; finalmente, con temple de Yeso fuerte y cola, enyesa la figura añadiendo yema de huevo y un poco de polvo de ladrillo, dándolo con espátula y dejando secar. Finalmente dice ..” y si por acaso algún trabajo hubiera de estar expuesto al agua, barnízalo; no sería tan hermoso pero si más resistente”.

El Yeso mezclado con Ocre y ligado con sustancias oleaginosas y proteicas, a modo de pintura, se encuentra en las fachadas de San

Gregorio y de San Pablo de Valladolid, en la Fachada y en el Patio del Palacio del Infantado de Guadalajara y en la Iglesia Parroquial de Torrelaguna sobre la Portada de Poniente, entre otros, creyendo que muy probablemente sean restos de recubrimientos del Siglo XVI.

El segundo tipo de recubrimientos de Yeso que encontramos sobre las fachadas de los Monumentos, es una fina capa, muy sutil, normalmente de color siena aunque a veces está agrisada por la suciedad, a base de Yeso con algo de Ocre, apareciendo claramente como algo muy tardío tapando policromías, rotos y desconchones en muchos casos, viéndose aplicada claramente a brocha por los trazos de cerdas gruesas que quedan grabados. En la Portada de los Apóstoles de la Catedral de Valencia está cubriendo las policromías y marmoleados de todo el cuerpo bajo, y en la Fachada de Santa Maria de Aranda de Duero tapa toda la policromía del tímpano y la mayor parte de los principales relieves y esculturas. También se encuentra en la Portada del Sagrario de la Catedral de Málaga, en la Portada Platerías de la Catedral de Santiago sobre el mármol, arenisca, granito y serpentina, tapando pequeños restos de estuco antiguo a base de Blanco de Plomo y Carbonato de Calcio, y también en la Portada de Ripoll sobre muchos de sus bajorelieves, y en la Portada de San Gregorio de Valladolid y cubriendo prácticamente toda la superficie labrada del Claustro de la Catedral de León. Su presencia se rastrea con facilidad en la mayor parte de los Monumentos de Salamanca, como las fachadas de la Catedral, Universidad y Casa de las Conchas entre otros.

La descripción técnica que mejor cuadra con estos estados superficie corresponde a Warland (1945)<sup>5</sup> quien dice que "Fijada la piedra a la construcción, conviene cubrirla con una mezcla de piedra triturada y un poco de Yeso, para conservarla limpia y evitar la formación de una película sobre la misma, que de quitarla disminuye su duración; además,

de este modo la fachada, una vez terminada, presenta un aspecto más uniforme".

Por su parte, Bails (1796) da interesantes datos sobre la utilización del Yeso en las paredes de fachada, indicando que cuando se labra con sillarejo, se cubre con Yeso y finalmente "se la da por fuera una mano de Yeso y piedra molida, para que tenga la vista de la piedra" y también que en las paredes de sillería, "se cojen las juntas de piedra dura con mezcla de Cal y piedra molida; las de piedra blanda con mezcla de Yeso y piedra molida".

De otro lado, Doemer (1921)<sup>7</sup>, al tratar de los daños y esfoliaciones causadas sobre las esculturas en piedra y madera policromadas, por los repintados en óleo dados en el Siglo XIX, dice "Este sobrepintado no se practicó por la falta de fragmentos. Hay efectivamente toda una serie de valiosas figuras policromadas, perfectamente conservadas, que no fueron retocadas, sino simplemente pintadas en gris piedra. El gusto clasicista de la época podía quedar satisfecho con el alegre colorido gótico, barroco o renacentista, y creía además tener el derecho y la obligación de pintar las figuras por entonces en gris.

### 3. LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE FACHADAS

Mantener limpios los Monumentos no es solo una exigencia estética, sino también una necesidad técnica para la conservación de los materiales, por lo que se requieren intervenciones periódicas dentro de los programas de mantenimiento de los edificios.

En contra de las razones de los Restauradores, cada día se aplican más los distintos sistemas industriales e incluso automatizados, que tienden a liberar la superficie de todas las sustancias adheridas a la piedra, lo que hace desaparecer la superficie manufacturada de los Monumentos que constituye el elemento más destacado de su significado histórico por lo que muchos están siendo alterados más o menos intensamente.

A finales del Siglo XIX, desaparece el gusto por la policromía y se desarrolla un interés creciente por la piedra desnuda en un "regreso hacia lo auténtico", cambio radical de moda que junto con los avances tecnológicos y la producción de materiales nuevos, generó una evolución en las formas de producir la Arquitectura. En su influencia sobre la Restauración, los mismos hechos condenan irremisiblemente a desaparecer todo lo que tape la piedra, sustituyendo la función tecnológica de los estucos como sistemas de protección, por productos transparentes que aíslan de la intemperie sin ocultar la imagen rústica del muro pobre. Esta apropiación del objeto arquitectónico del pasado, adaptándolo a lo que se le quiere hacer decir dentro de un tiempo de prioritaria valoración estética, se entiende mucho mejor bajo el término Rehabilitación, más próximo a la Arquitectura Moderna que a la Restauración propiamente dicha<sup>8</sup>.

Desde la Restauración, el Profesor Fielden<sup>9</sup> explica con claridad que..."en todas las operaciones de limpieza, la superficie original de la piedra debe ser respetada junto con su patina de edad", y la Carta de Restauro de 1972<sup>10</sup>, establece ..." la patina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas y aún técnicas, por cuanto desempeña normalmente una función protectora, como demuestra el que la corrosión suele comenzar en las lagunas de la patina. Se puede eliminar la materia acumulada sobre la piedra (detritus, polvo, hollín, excremento de palomas, etc...) usando solamente cepillos vegetales o chorro de aire a presión moderada. Deberán evitarse los cepillos metálicos, rasquetas y, en general, debe excluirse todo chorro a elevada presión ya sea arena natural o vapor, desaconsejándose el lavado de cualquier tipo".

La limpieza de fachadas con procedimientos industriales tiene como objetivo principal cumplir con las especificaciones técnicas de los sistemas y productos diseñados para obra nueva,

para lo que es condición primera una limpieza a fondo que permita aplicar los productos sobre un sustrato sano, por lo que resulta extraordinariamente difícil conciliar este punto de vista con el que se propone la protección de los restos de estucos de Yeso, policromías y patinas que la Restauración exige.

En los Monumentos se cree firmemente que deben excluirse lo que llamamos sistemas industriales, debiendo ejecutarse los trabajos con procedimientos, lo más manuales y lo menos automáticos que sea posible. La limpieza tiene como fin hacer legible la superficie para restituirle su significado y es siempre una operación delicada porque es irreversible. Si bien el principio es sencillo, resulta a menudo difícil de realizar ya que el estado que se procura alcanzar con la intervención, depende en gran medida de los mensajes de que es portador, que son de muy diversa índole y, a veces, poco perceptibles a simple vista, por lo que un tratamiento imprudente puede destruirlos. Por esto, más allá de que unos métodos de trabajo puedan parecer más recomendables que otros, lo que de verdad importa saber es el estado de superficie que tenemos y aquel que queremos alcanzar, pues ese proyecto es el que tenemos que realizar utilizando los medios adecuados para conseguirlo. Hemos pues de convenir en que la limpieza solo puede encomendarse a quienes comprendan la naturaleza de los mensajes contenidos en esas superficies y sepan restaurarlos, pues no existen métodos ni productos que resuelvan por si solos la falta de conocimiento y criterio de un operador poco o mal instruido en las bases metodológicas de la Restauración moderna.

Actualmente, con la introducción de Laboratorios inexpertos en la tecnología antigua de la construcción, las patinas de Yeso se suelen leer, desvirtuándolas, como..."procesos naturales de cromatización"... o... "sulfataciones por la contaminación atmosférica"... o aún también como..."efecto de bacterias"... desconociendo que en la mayor parte de los



Oviedo durante la limpieza de fachadas.

Monumentos de España, esas pátinas son, en el sentido fuerte de la palabra, historia de vida, acciones de los hombres sobre la imbecilidad mineral del sustrato pétreo, y no excrecencias botánicas ni precipitados atmosféricos.

Nuestro criterio es que ese cuero a base de Yesos, se debe conservar como un testimonio de las soluciones arquitectónicas de diferentes épocas, al menos en España. A la erosión provocada por el medio ambiente contaminado no podemos sumar los errores derivados de una interpretación incorrecta de las pátinas de Yeso, ni de una dejación ante las presiones de los sistemas derivados de la organización para "obra nueva", aunque aún produzca resultados acordes con el gusto de nuestra época, en vías de cambio (tristes resultados de muros descarnados, fachadas empobrecidas por la desaparición de los realces cromáticos, color gris cemento...).

#### 4. CONCLUSIONES

Los trabajos de Restauración realizados en numerosos Monumentos españoles han

puesto de manifiesto la existencia de recubrimientos a base de Yeso, originales en unos casos y añadidos en épocas posteriores, en algunos otros. En ningún caso se han podido confirmar las teorías propuestas por los laboratorios científicos queriendo atribuirlos a "costras de sulfatación por acción de los contaminantes atmosféricos sobre los materiales de construcción".

El ensuciamiento de las fachadas y la importancia creciente de las actuaciones de limpieza sobre los Monumentos, exigen Restauradores con sensibilidad en alerta integral y formación suficiente para saber interpretar los mensajes auténticos de los testimonios del pasado, cuya conservación y protección es la razón de ser de su trabajo al servicio de la Historia de la Cultura.

La metodología de trabajo y los procedimientos técnicos utilizados por el Restaurador, se encuentran sometidos a fuertes presiones procedentes de los conceptos y sistemas de trabajo utilizados en 'obra nueva' lo que plantea graves problemas en muchas obras, con consecuencias negativas para el objeto. ■

## NOTAS

I.-Hace ahora veinte años que Josef Riederer nos hizo ver desde el Instituto Doemer, unos recubrimientos de Yeso sobre la piedra, el bronce y otros materiales de los Monumentos que no podían tener su origen en la contaminación atmosférica, pese a que se aseguraba y se sigue insistiendo en medios científicos que la contaminación transforma en Yeso las superficies de los Monumentos (a).

Sus observaciones y datos nos impusieron una reflexión más profunda sobre la epidermis de Yeso, casi pictórica, que hablamos encontrado años antes, sobre la Portada de Ripoll y que pasamos en silencio en las publicaciones refiriéndonos exclusivamente a la existencia de Sulfato Cálcico y otras sales en la superficie esculpida. En esas fechas la presencia de Yeso, como preparación sobre piedra, lienzo y madera, resultaba un elemento casi constante en las obras que restaurábamos en el ICROA, retablos, pintura, escultura y muy especialmente sobre la Catedral de León (b)

Poco más tarde, en 1975, Raffaella Rossi-Manaresi también se hacía preguntas sobre el alto contenido de las superficies pétreas en Yeso y su relación con los contaminantes atmosféricos, aunque le pareció asumir la hipótesis química al advertir que el Yeso no figura en las publicaciones del último siglo como una de las sustancias utilizadas para el tratamiento de la piedra (c).

En esta ponencia no nos proponemos examinar la importancia relativa de los daños atribuidos a la contaminación respecto a otros factores mucho más agresivos, porque eso ya lo ha hecho Riederer hace diez años (d), sino más bien reunir en forma sucinta los daños que hemos venido publicando en ediciones poco accesibles, relativos a los enyesados que se conservan abundantemente en muchos Monumentos de España y cuya protección es la razón de ser de nuestro trabajo como Restauradores (nota 2).

(a) RIEDERER, J. "No destruction of stone by air pollution" en 1st International Symposium on the Deterioration of Building Stones. La Rochelle, 1972.

(b) CABRERA, J.M. 1) "Influencia de los contaminantes en el Patrimonio Artístico Nacional", en *Economía Industrial*, nº 107., pp. 51-59. Ministerio de Industria. Madrid, 1972. 2) "Fundación Juan March. Programa de Investigación 1971. Alteración y Conservación de Materiales Pétreos en Monumentos Históricos", Madrid, 1972. 3) "Conservación y Restauración de una Escultura Ibérica en Piedra Policromada del S. IV a JC. En *Boletín del Instituto de Restauración* Vol. 12, pp. 23-24. Madrid 1972. 4) "Study of the materials and technique of the polychromated sculpture" ICOM Conservation, Madrid 1972. 5) "Etude et Traitement de l'Annonciation de

Pedro Berruguete", ICOM-Conservation, Madrid 1972, entre otros.

(e) ROSSI-ARESI, R. "Exfoliation of stone sculptures: review of researches carried out on Italian Monuments with particular regard to the reliefs by Wiligermo on the Cathedral of Modena", ICOM Conservation, Venecia 1975/5/3-31-22.

(d) RIEDERER, J. "Nicht nur die Luftverunreinigung nagt an Baudenkmalen", *Wissenschafts-magazin*, 2, N.º 2, p. 92, 198.

2.- CABRERA, J.M., 1) Conservación de la escultura lítica exenta, en *Symposium Interamericano de Conservación de Patrimonio Artístico*. México, octubre de 1978., 2) "Dibujos subyacentes en las obras de Fernando Gallego" en *Boletín del Museo del Prado*, 2, nº 4. pp. 27-48. 1981. 3) Causas de Alteración y métodos de conservación aplicables a los Monumentos hechos con piedra, en *Materiales de Construcción*, N.º 174., Instituto Torroja. Madrid, 1979. 4) "Fábricas de Piedra", en *Conservación y Restauración en Castilla-León*. Valladolid, 1987. pp. 63-88., 5) "Materiales de reparación: limpieza y protección de fachadas", en *Jornadas sobre Restauración y Conservación de Monumentos*, Madrid, 1989. (Instituto de Restauración). 6) "Técnica de valoración y protección de las figuraciones arquitectónicas en piedra", en *Restauración Arquitectónica*, Universidad de Valladolid, 1991., pp. 283-300.

ESBERT, R. y MARCOS, R. "Las Piedras de la Catedral de Oviedo y su Deterioración", *Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias*, Oviedo 1983.

HERNANDEZ MARINE, MC y otros. "Deterioro de los materiales pétreos de la Puerta del Perdón (Catedral de Sevilla): Efectos de los organismos vegetales y la contaminación atmosférica", *Universidad de Sevilla*, 1989.

GOMEZ LOPERA, E. "Estudio para la Restauración de algunos Monumentos en Valencia: Análisis de alteraciones en la piedra", *Tesis Doctoral*, Universidad Politécnica de Valencia, 1985.

BELLO LOPEZ, MA. "Caracterización y estado de alteración química de los materiales empleados en la construcción de la Catedral de Sevilla". *Tesis Doctoral*, Facultad de C. Químicas, 1988.

ALCALDE MORENO, M. "Sintomatología de alteraciones de las Catedrales de Sevilla, Cádiz y Almería", *Tesis Doctoral*, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Escuela Superior Ingenieros Industriales. Sevilla 1989.

CASAL PORTO, M. "Estudio de la alteración del granito



en los edificios de interés histórico de la provincia de La Coruña. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago, 1990.

3.- CABRERA, J.M. 1). "Contribución de la Química a las Bellas Artes" .Real Academia de Ciencias, Madrid 1981. 2)."Scientific Examination of Easel Paintings: Cross-sections"; en Art History and Laboratory, PACT, Consejo de Europa, 1986, pp. 155-169.

4.-CENNINO CENNINI "11 libro dell'Arte"; Es un Códice de la mitad del S. XV que recoge las tradiciones técnicas de la pintura vigentes en su época. En el capítulo CLXXIV sitúa bien el marco en que se realizaban estos trabajos sobre piedra..." Acontece al tener que saber trabajar enteramente en todo, especialmente en aquellas obras que le reporten honra; y por tanto, aunque no sea costumbre (entre los pintores) pero como yo lo he experimentado te lo enseñaré. Caerá en tus manos una figura de piedra, grande o pequeña, y tendrás que... (describir todo el procedimiento técnico de los enyesados y policromía)

5.-WARLAND, E.G. "Cantería de Edificación" Edt. Revené. Barcelona 1953, pp. 178. (No hemos podido aún consultar el original inglés editado por Pitman and Sons Ltd con el título Constructional Masonry, basado en una serie de artículos publicados en el Building Educator de Pitman.

6.-BAILS, B. "Tratado de Arquitectura Civil" Madrid, 1796. Este tratado, encargo de la Real Academia para los cursos de Arquitectura, ha sido reeditado por el Colegio de Aparejadores de Murcia en 1983, junto con un estudio crítico del mismo realizado por Pedro Navascués Palacio que demuestra la amplitud con que copió a otros tratadistas en especial a BLONDEL, J.F. "Cours d'Architecture..." París, 1771-1797 en lo relativo a técnicas y materiales, aunque este autor francés no cita el Yeso concretamente sino el "mortier de badigeon".

Los enlucidos de fachada con Yeso, como indica Bails, son muy frecuentes en toda España, y también en Francia y más concretamente en la región parisina en donde han sido normales en el Siglo XVIII y principios del XIX, conservándose aún muy bien los pocos ejemplos que nos han quedado como consecuencia de la intervención masiva de renovación de fachadas que se llevó a cabo en París hace treinta años.

Aunque el Gobierno Francés decretó el 26 de marzo de 1852 que..."Les façades des maisons seront constamment tenues en bon état de propreté. Elles seront grattées ou badigeonnées au moins une fois tous les dix ans, como consecuencia de los conflictos bélicos, esta obligación solo volvió a entrar en vigor en 1959, con tal intensidad que en el siguiente quinquenio se había limpiado en el Centro Histórico de París más de 66.000 edificios de los 88.400 censados.

Los graves problemas que se presentaron entre los distintos sectores profesionales al renovar los enlucidos exteriores de Yeso, fueron motivo de un detallado estudio hecho en común por tres Organismos Profesionales en colaboración con los Laboratorios de Batiment et de Travaux Publics (CAILLIEZ, A., EDOUARD, P., et MEVEL, M. "Les enduits extérieurs en plâtre", Batir., I. N° 142 pp. 29-30. 1963 Y n. N° 146 pp. 31-32. 1966). Al querer rehacer en Yeso los enlucidos limpiados con chorro de arena, aparecieron rápidamente desórdenes pequeños pero imprevisibles, que provocaron penosos litigios entre los distintos sectores implicados, con el agravante de que las recomendaciones contenidas en el estudio antes citado, se utilizaron para responsabilizar a los contratistas de no haberlas seguido, pese a que todos los trabajos estaban bien hechos "según las reglas del arte y no se contaba con estudios minuciosos de los diferentes factores capaces de haber influido en los siniestros".

La consecuencia de esto fue la pérdida de las fachadas originales, el abandono de una técnica tradicional y la introducción de formulaciones modernas a base de resinas sintéticas (en general, poliésteres, poliuretanos y mezclas complejas de resinas y de elastómeros) y cargas minerales (arena de mármol y cuarzo, gel de sílice, perlita, amianto y mica principalmente). "<Epidermes de Façade"; en Batir N° 145 pp.24-27.1966).

7.-DOERNER, M. "Los Materiales de Pintura y su empleo en el Arte" Edí. Reverté, Barcelona 1965, (Primera Edición Alemana 1921), pago 385. Más adelante, en la página 399 vuelve al mismo tema diciendo..."Los métodos empleados hacia el año ochenta del siglo pasado, en los que en trabajos de renovación de esculturas o locales, todo se armonizaba mediante veladuras pardas homogéneas, como si se tratara de policromados antiguos, no tiene nada que ver con la conservación de Monumentos y deben rechazarse desde el punto de vista manual y artístico. Pues también el tiempo da su pátina natural sobre tales veladuras pardas, de tal modo que, al cabo de pocos años, se lograría únicamente un efecto liso de color pardo oscuro".

Conviene recordar que la pintura policromada de las obras de Arquitectura y estatuaria, ha sido una costumbre que nos viene desde la antigüedad, desempeñando un papel muy importante en toda la Edad Media, en el Gótico y en el Renacimiento que adoptó el color en la Arquitectura en toda su amplitud. Al gran florecimiento del color, alcanzado a principios del siglo XIX gracias a los trabajos de arquitectos tan notables como Viollet le Duc y otros, cabe sumar la aportación de los estudios realizados por el Arquitecto Hittorff demostrando (1932) que la "arquitectura griega había sido siempre policromada conceptos que quedaron totalmente

aceptados tras la exposición de 1851, superándose así un largo proceso de contradicciones que duró treinta años. Es importante destacar las discusiones que surgieron desde 1880 en los círculos de Arte entorno a la policromía en su aplicación a las obras plásticas y, en particular, la publicación en 1884 del trabajo de Jorge Treu "Sollen wir unsere Statuen bemalen?" (Hemos de pintar nuestras estatuas?), quien como Arqueólogo y profesor de la Academia de Arte de Dresde y correspondiente del Instituto de Francia, entre otros, ejerció una indiscutible influencia.

8.-Para Félix Cabrero, el auténtico dilema crítico de toda experiencia en la recuperación de edificios Históricos se encuentra en actuaciones que "propenden a resucitar las imágenes fidelignas, contemplándose como un delito estético no recubrir los viejos muros de piedra o ladrillo con pinturas, revocos, chapados, como si la realidad de haber sido acabados camuflando la construcción básica del edificio, condenara sin remisión la invocación inexorable de las primitivas imágenes" (en "El cambio de uso en recuperación

de edificios históricos", en *Recuperación de Edificios Históricos para usos Turísticos*, TECNIBERIA, Madrid, 1986 pp.36.).

Desde nuestro punto de vista, entendemos que la estética del neoclasicismo puso de moda el gusto por lo monocromo y fue evolucionando hacia los materiales desnudos, proyectándose en Restauración con una etapa inicial que cubrió todo con veladuras blancas (p. ej. Catedral de Tui), sienas o grises, seguida de otra fase más dura que hizo raspar encarnizadamente las paredes (y muchas esculturas) con cepillos metálicos, chorro de arena, lavado a presión con productos químicos, etc recubriéndolas seguidamente con plásticos o silicatos transparentes.

9.-FEILDEN, B."Conservation of Historic Building", Edt Butterworths, London 1982, pp. 333

10.-Carta del Restauero, 1972- Redactada en Roma por iniciativa d Instituto Centrale del Restauero. Una traducción en español ha sido publicada en "50 años de Protección del Patrimonio HistóricoArtístico 1933-1983". Ministerio de Cultura. Madrid 1984.

## 5.4. Climatologie au musée du Prado

### RESUME

L'analyse porte sur les données recueillies au Musée du Prado, pendant huit mois, en ce qui concerne l'humidité relative, la température, la pollution atmosphérique, l'occupation et l'éclairage. Pour la synthèse des données, on a recours au calcul statistique et le texte est illustré par des graphiques qui facilitent une compréhension rapide du milieu ambiant dans lequel vivent les collections de tableaux.

### INTRODUCTION

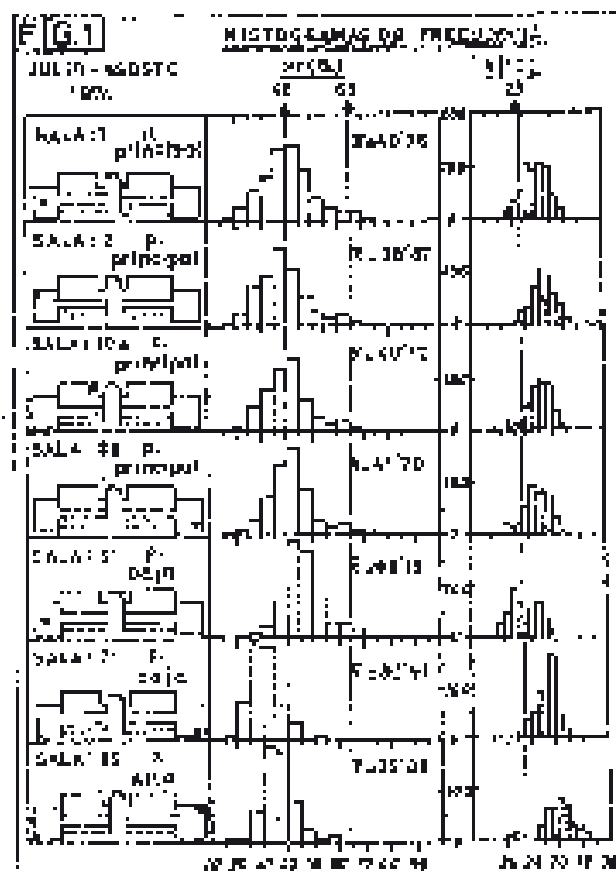
Le Musée National du Prado, conçu au XVIII<sup>e</sup> siècle comme Académie des Sciences (1) par Charles III et ses ministres, fut réalisé par l'architecte le plus génial de son temps, Juan de Villanueva. Les collections royales de peintures, commencées par les "Rois Catholiques" et enrichies par les monarques suivants, sous le règne de Ferdinand VII elles se trouvaient si mal aménagées dans diverses dépendances, que les plaintes continuelles soulevées par le mauvais état de conservation des tableaux motivèrent que ce souverain entreprit la restauration du magnifique bâtiment de Villanueva où les collections commencèrent à être installées en juillet 1818 (2).

A l'heure actuelle, l'histoire se répète. En effet, il ne fait pas de doute que les conditions climatiques sont la cause principale qui explique que les traitements de restauration des tableaux (spécialement le dévernissage), qui auparavant se faisaient tous les 50 ans, s'appliquent désormais beaucoup plus fréquemment.

En général, les déficiences de conditions climatiques semblent dériver des caractéristiques inadaptées du Monument, qui ne lui permettent pas de supporter les conditions actuelles imposées par le fonctionnement du Musée: nombre élevé de visiteurs, emploi

du chauffage pendant environ cinq mois de l'année, utilisation de l'éclairage naturel à travers des fenêtres et, surtout, système unique d'aération "naturelle" avec ouverture des balcons sur un des quartiers de Madrid où les taux de pollution atmosphérique sont le plus élevés, alors que la capitale est déjà l'une des villes d'Europe les plus atteintes par ce fléau.

Afin de mesurer les caractéristiques du climat au Musée, on a commencé, en juillet 1974, à déterminer les principaux paramètres qui nous intéressent. Ces données, intégrées aux caractéristiques structurales et architecturales du bâtiment et avec pour base un programme adapté d'emplois et de fonctions par zones, serviront de point de départ pour l'élaboration d'un projet de climatisation qui



garantise une conservation convenable des collections. Dans la présente communication, qui porte sur les données recueillies jusqu'en février 1975, on réunit les renseignements de huit mois de mesure.

### 1.- Humidite relative et temperature

Il a été installé 22 thermohygrographes, un à l'extérieur et 21 dans différentes salles sélectionnées aux quatre étages du bâtiment en fonction des diverses orientations: (4)

Sous-sol.- Salle 101.

Rez-de-chaussée.- Salles: 51,56, 71, 75 et "atelier de restaurat".

1er étage.- Salles: 1,2,9,10A, 12,15,18<sup>a</sup>,27,38 et 39.

2ème étage.- Salles: 82, 85, 89, 91 et 97.

Les enregistrements graphiques hebdomadaires obtenus, constituent les renseignements de base des méthodes analytiques employées, à savoir: 1) synthèse bimensuelle sur des histogrammes de fréquence (fig. 1) et, 2) synthèse mensuelle graphique et l'analyse statistique (5); les graphiques de frequencias permettent aussi une vision plus réelle de l'incidence de l'Hr sur les matériaux higroscopiques des supports des peintures.

Après avoir essayé de représenter les histogrammes pour des périodes de durée différente, en comparant entre elles les différentes salles et les différentes périodes pour une même salle, nous avons constaté que les histogrammes bimensuels représentent de trop grandes marges de fluctuation de Hr et t, et qu'ils ne reflètent pas avec la précision voulue les variations importantes en fonction du temps, pouvant avoir modifié le degré d'humidité du matériel. Nous avons dès lors sélectionné le "mois" comme unité de mesure et choisi le système de representation de frequencias tout au long des mois, ce qui nous parait le plus utile. Nous avons ainsi éliminé l'unité "15 jours", ayant observé que les variations de Hr dans celle-ci ne peuvent pas représenter, dans leur équilibre de frequencias, les perturbations

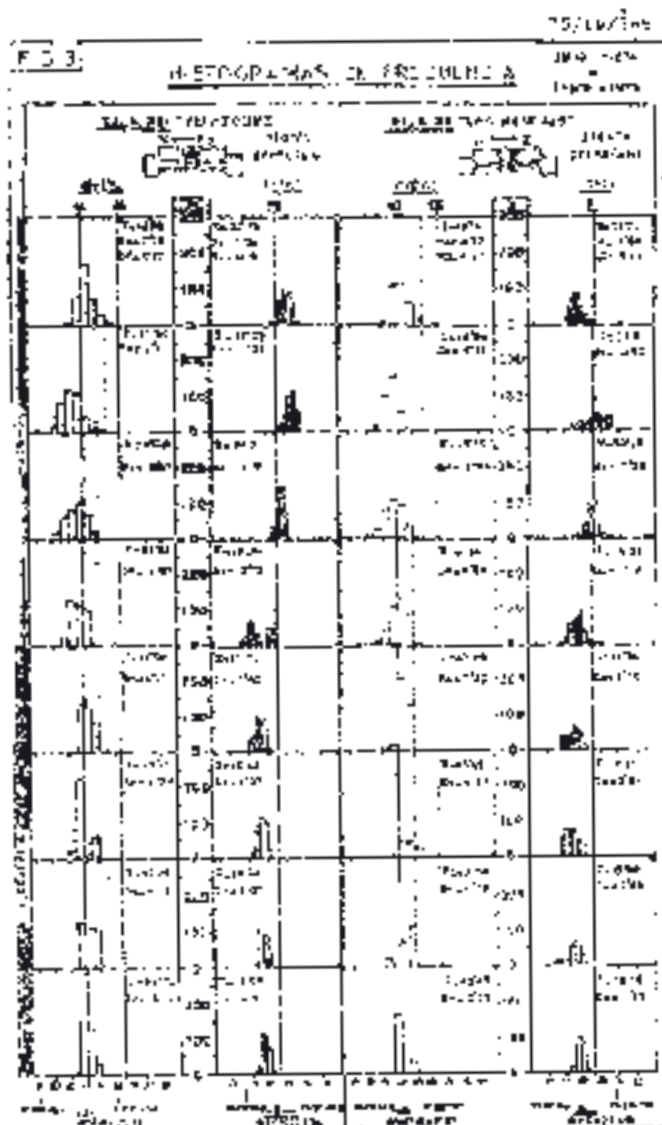
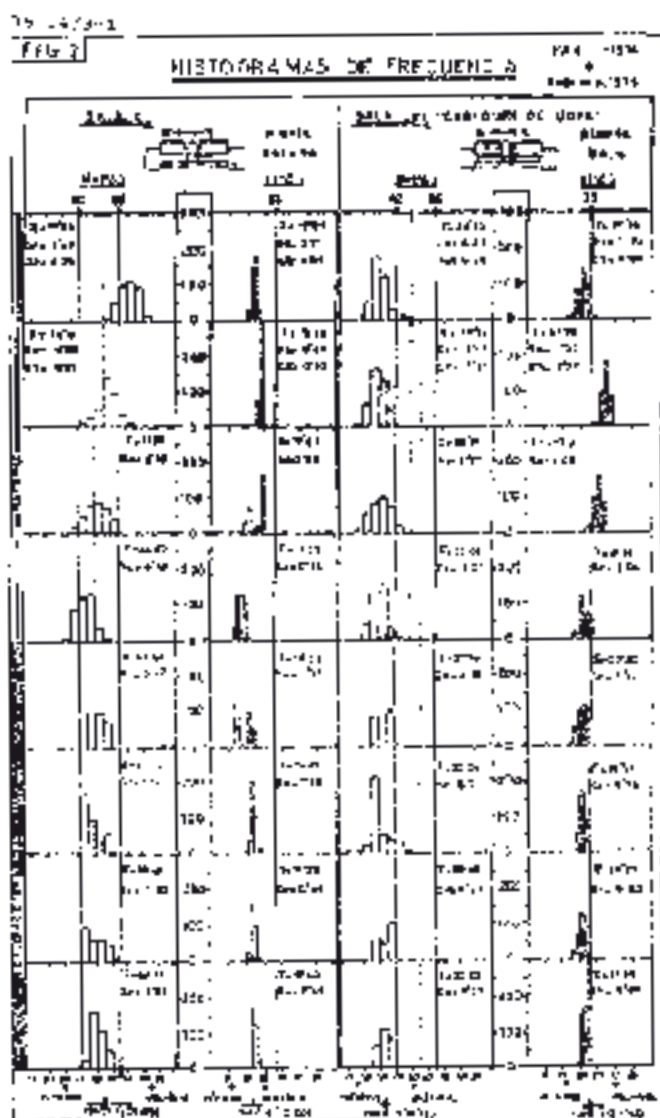
importantes où se déroule la vie des tableaux au Musée du Prado. Les fig. 2, 3 et 4 montrent les graphiques qui correspondent à six des salles étudiées, représentatives des quatre étages du bâtiment (6).

Conditions climatiques à l'extérieur						
Mois	Hr (%)			t(°C)		
	$\bar{x}$	Sx	S $\bar{x}$	$\bar{x}$	Sx	S $\bar{x}$
VII	50,05	14,88	0,61	25,60	5,98	0,45
VIII	46,02	13,70	0,58	24,28	6,28	0,44
IX	49,01	15,30	0,91	22,03	4,21	0,40
X	-	-	-	-	-	-
XI	59,26	10,29	0,62	7,79	2,81	0,24
XII	58,18	12,23	0,62	5,29	2,90	0,21
I-75	55,33	12,31	0,59	5,93	2,74	0,20
II	52,88	12,11	0,59	7,40	2,92	0,22

### 2.- POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Nous disposons uniquement des données obtenues par le Laboratoire de la Municipalité de Madrid, pendant un mois du 28/2 27/3 1972, au moyen de quatre stations de mesure qui captent le SO<sub>2</sub> et les fumées et qui fournissent des échantillons quotidiens. Les capteurs ont été installés de la manière suivante; 1: "Les Ménines"; 2: "Salle des Conférences"; 3: "Noirs de Goya"; 4: "Peintres Français". Les données obtenues sont mises en rapport, en ce qui concerne les valeurs maximums, minimums et moyennes, avec celles obtenues à l'extérieur, par la station située le plus près du Musée, et avec la valeur moyenne des 45 stations réparties dans Madrid. (Les valeurs sont exprimées en microgrammes par m<sup>3</sup>).

MUSÉE DU PRADO										P. CANOVAS		MADRID	
Capt 1		Capt 2		Capt 3		Capt 4		Moyenne					
SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum
143	99	187	90	140	90	151	98	155	94	72	215	154	243
Valeurs MAXIMUMS										Valeurs MINIMUMS			
Musée		P. Canovas		Madrid		Musée		P. Canovas		Madrid			
SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum	SO <sub>2</sub>	Fum
475	253	167	409	264	373	57	28	32	98	93	124		
Capteur													
2		1						1		1			



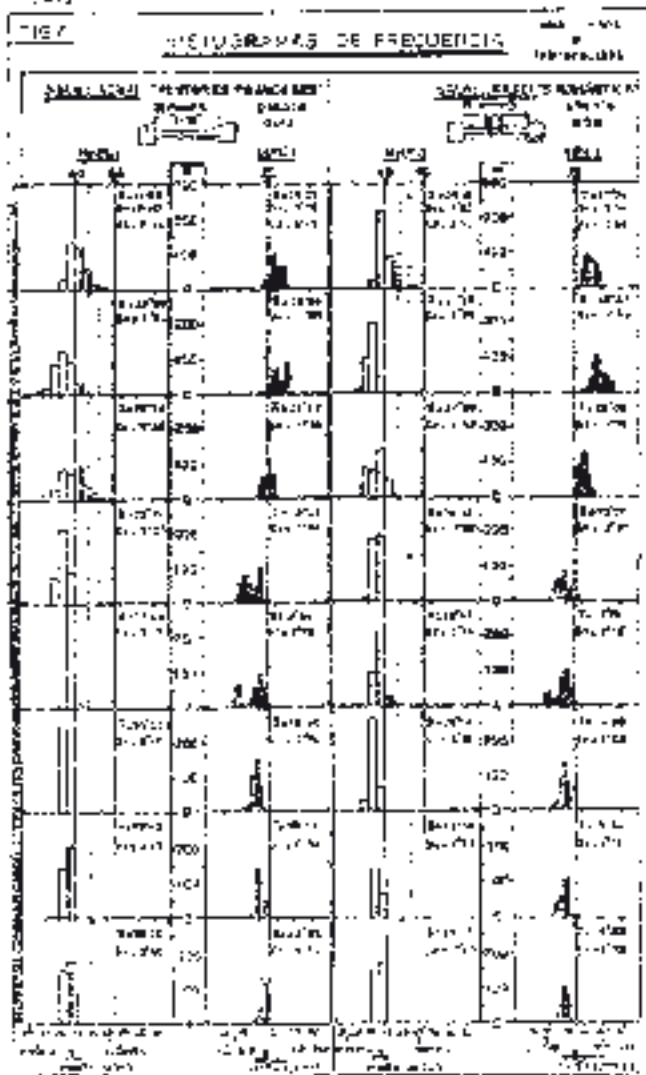
### 3.- CARACTERISTICAS D'OCCUPACION

Le nombre quotidien de visiteurs du Musée est systématiquement relevé par son administration, ce qui nous a permis d'en analyser l'évolution au cours du temps; la période d'observation est, en général, représentative du nombre des visiteurs, avec quelques exceptions très limitées pendant la Semaine Sainte, un maximum absolu ayant été enregistré le 1 avril 1972 avec 11.514 visiteurs et un autre plus petit le samedi 21 avril 1973 avec 10.279 visiteurs.

Afin de connaître le taux d'occupation du Musée, nous avons contrôlé les entrées et sorties toutes les demi-heures pendant les

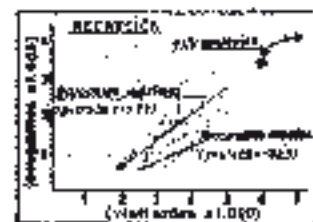
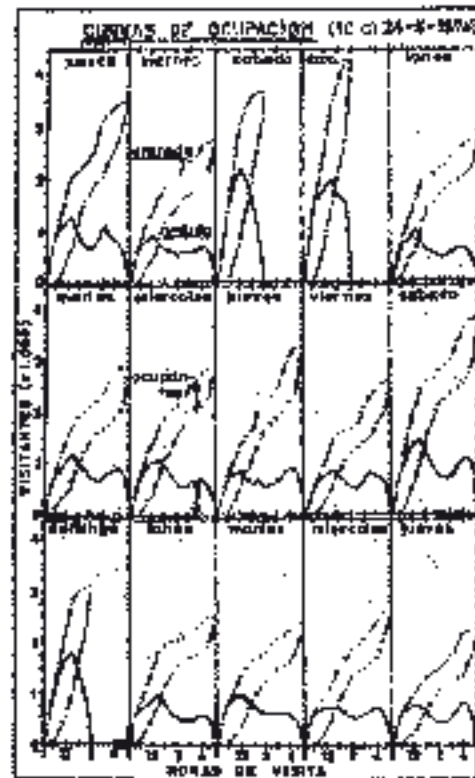
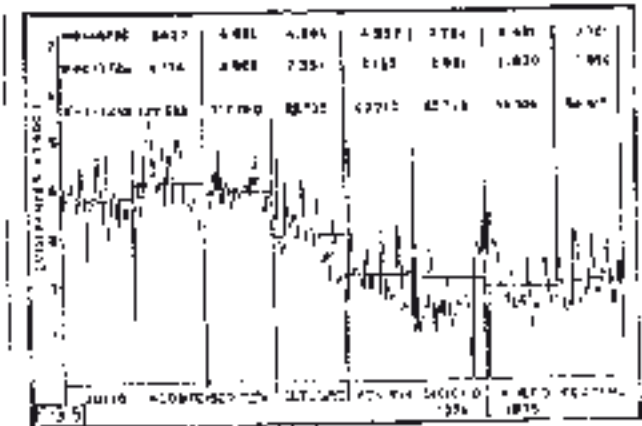
heures d'ouverture, au cours d'une période d'observation d'un mois entre le 10/X et le 10/XI 1974. La figure 6 représente les courbes d'occupation correspondant aux quinze premiers jours. Les jours ouvrables, les courbes sont toujours bimodales avec des maximums se situant aux environs de midi et de 16 heures; on peut également constater la durée de la visite ou "temps de permanence pour une charge d'occupation définie", le maximum se situant à "l'heure du déjeuner" avec le minimum d'occupants qui d'habitude se trouvent au bar.

Le calcul statistique de la ligne de régression Visiterus Occupants (fig. 7) permet de



constater que le chiffre de visiteur le plus fréquent, 3.500 personnes par jour, correspond à un niveau maximum d'environ 1.500 occupants. En extrapolant, pour une journée de 7.000 visiteurs, nous obtiendrions une occupation maximum moyenne d'environ 4.100 personnes.

Avec l'intention de déterminer par zones les charges d'occupation, nous avons procédé à des relevés les 26, 27 et 28 octobre; en tenant compte des valeurs moyennes obtenues, on a établi le tableau ci joint pour une occupation moyenne de 1.411 étaient localisées; ces données ont été obtenues en employant 12 observateurs, avec une fréquence de mesure de 15 minutes, pendant les heures de midi qu'on



prévoyait de charge maximum et que les faits ont ensuite confirmées. Les coefficients d'occupation qui sont signals sont les plus frequents. Un "divertissement mathématique" nous permet de voir qu'en les multipliant par 3, nous obtiendrions les valeurs correspondants à 7.000 visiteurs.

Nous utilisons le terme "divertissement" parce que ces calculs ne tiennent pas compte de faits aussi fréquents que "le groupe compact, plus ou moins nombreux" de touristes qui circulent rapidement suivant des itinéraires fixes ou les groupes d'écoliers et d'étudiantes qui, le premier tour de l'année scolaire ou académique, se trouvent jous dans la section "art roman" et continuent de se rencontrer au fil des mois, dans les sections "Primitifs Flamands", "Velázquez", "Goya"...

#### VISITEURS 1964 - 74

1964	673.610
1965	819.802
1966	898.467
1967	899.321
1968	922.484
1969	1.068.989
1970	1.268.062
1971	1.178.124
1972	1.265.555
1973	1.221.730
1974	1.110.986

Toutefois, actuellement, les endroits ouverts au public à plus forte concentration de personnes sont indiscutablement: au rez-de-chaussée.- la sale LI avec sont point de vente, les salles de Goya et le bar, ainsi que la sale de conférences avec ses 150 places occupées les samedis et dimanches; et au premier étage.- les salles Greco, Velázquez, la salle XXXII de Goya avec "La familia de Charles IV" et la galerie centrale (salles 24 à 39) avec son petit point de vente où il n'est pas rare de voir un groupe de 40 personnes. Bien que ces préférences actuelles soient clairement

1964-74

VALORES CORRELACIONES ESTADÍSTICAS

AÑO	CATEGORÍA				TOTAL
	I	II	III	IV	
1964	100	100	100	100	400
1965	100	100	100	100	400
1966	100	100	100	100	400
1967	100	100	100	100	400
1968	100	100	100	100	400
1969	100	100	100	100	400
1970	100	100	100	100	400
1971	100	100	100	100	400
1972	100	100	100	100	400
1973	100	100	100	100	400
1974	100	100	100	100	400

defines et constatées, il nous faut dans notre tentative de détermination de zones et dans une perspectiva d'avenir, prendre en considération une certaine évolution des goûts comme celle qui se produit avec Murillo pour qui le nombre des visiteurs semble augmenter. Cette même orientation est justifiée par le projet de construction d'un nouveau Musée "Francisco de Goya" qui libérera une surface d'approximativement 1.200 m<sup>2</sup>.

CARGA DE OCUPACIÓN POR SALAS	
SALA Nº Ocupantes	Italianos del Renacimiento 2 3 4 5 6 7 7A 8 8A 8B 9 9A 9B 10 10A 10B 12 10 9 12 6 7 8 7 5 3 13 12 22 10 7 11
SALA Nº Ocupantes	Velazquez _____ Rubens _____ 11 11A 12 13 14 14C 15 16 16A 17 17A 18 18A 19 20 21 9 6 8 19 19 4 41 9 16 4 8 8 20 9 13 9
SALA Nº Ocupantes	galer _____ Goya _____ Primitivos flamencos _____ 22 23 24 39 31 32 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 12 9 132 31 42 7 6 4 5 5 9 8 8 8 15 28
SALA Nº Ocupantes	Goya _____ 49 50 51 53 54 55 55A 55B 56 56A 56B 56C 57 57A 57B 59 60 20 30 60 26 12 22 23 11 32 35 5 6 22 32 18 8 8
SALA Nº Ocupantes	60A 61 61A confer 62 62A 63 63A 64 65 66 67 68 72 74 75 cafer 4 5 4 130 4 4 5 5 5 4 5 5 12 5 8 11 40

#### 4.- ECLAIRAGE.

Les relevés sont faits systématiquement depuis le 1<sup>er</sup> août 1974, à raison de deux fois par jour : le matin de 10 h 30 à 12 h. Et l'après-midi de 14 h 30 à 16 h., en employant un luxmètre de 0 à 500 lux. Dans chacune de 11 salles mesurées, il a été choisi trois points fixes, à mi-hauteur des tableaux, où se situe l'instrument, ces points se trouvent en face et sur les côtés de la source dominante d'éclairage. Le tableau ci-joint résume les valeurs moyennes obtenues pour deux salles (38 et 40), à éclairage "naturel" et "mixte" respectivement (éclairage électrique compris entre 50 et 65 lux). En général, on constate que l'éclairage présente de grandes variations, qu'il est habituellement déficient et qu'il n'existe pas de protection U.V. ■

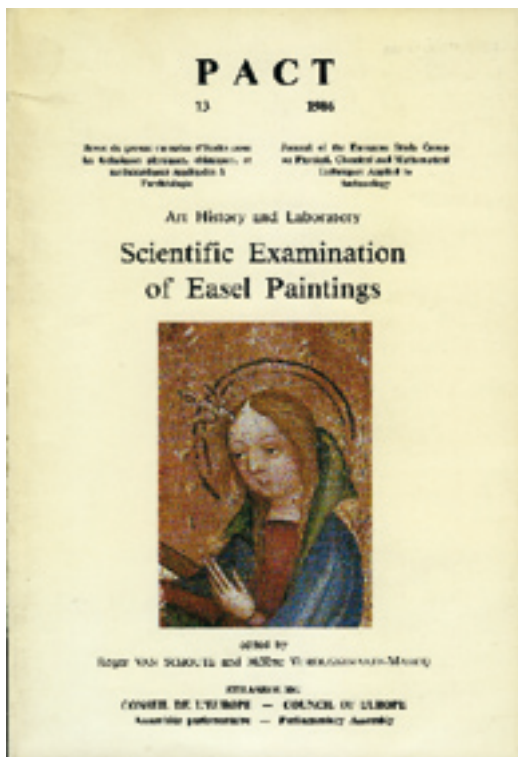
#### NOTES :

- (1) Rumeu de Armas, A. "Conference Ciclo Politeia", Mad, 2-74.
- (2) Catalogue du Musée du Prado, Madrid 1972.
- (3) Ss
- (4) Fabriqués par Fischer KG (hygromètre à cheveu), contrôlés par un psychromètre type Assman (Wilh Lambrecht KG).

- (5) La lecture de graphiques se fait de 2 h. En 2 heures.
- (6) Nous avons utilisé un calculateur H.P. 65. avec un programme STD 02A modifié par nous mêmes pour grouper dans le calcul répétitions de données.



## 5.5. Cross-Sections



### 1. INTRODUCTION

Investigators continue to affirm that structurally a painting is a stratification of materials applied in layers. These layers result either from the original execution of the painting or from later modifications, restorations, or retouchings.

The in situ observation of these structures begins with an examination of cracks, losses, or the painting's edges with a binocular microscope. Such examination supplies important general information that permits selection of the exact point at which a more detailed microscopic study can be carried out. All in situ observations permit only an oblique view of unpolished surfaces. In order to examine the paint layer perpendicular to the surface, it is indispensable to detach a small particle of paint and to prepare it adequately for microscopic study.

### 2. HOW TO TAKE A SAMPLE

A microscopic sample should be taken to resolve a specific problem that has been identified in the course of an examination with X-radiographs, infrared, etc. The problem should be related to questions about the techniques used in the original execution or, with respect to the painting's conservation, to problems stemming from later modifications. The exact location of the sample should be recorded in a photograph. One can carry out a variety of different studies with microscopic cross-sections. These studies can include investigating the different structures and components of a painting, determining the distribution of layers and their function, determining the mixture of colors, identifying media by staining tests, identifying pigments by different instrumental techniques, and so forth.

The sample is always taken while looking at the point selected with a binocular microscope at low magnification. Usually a small fragment is detached by inserting the sharp point of a scalpel<sup>1</sup> into one of the cracks or breaks in the paint surface. Although the method is less than perfect, it is the one that most researchers use; the hypodermic needle and the instrument specifically designed by Gettens in 1932<sup>2</sup> have few followers for this use.

It is important to do the following:

- Put the painting in a horizontal position in order to make handling easier. If that is not possible, then place a small paper or receptacle so as to avoid losing the detached samples.

- Collect all the fragments. Although there may be some that are incomplete, these are nonetheless useful for the study of grounds or of some layers, and they are already isolated from the rest.

Among all the minuscule fragments that have been separated from the painting, we select the most appropriate one for mounting by using the binocular microscope. Normally we select the one that contains all the layers, from the preparation to the varnish.

- Do not use an adhesive on the tip of the scalpel (such as Canadian balsam, varnish, or saliva), because the different elements of the sample might be contaminated.

### 3. THE EMBEDDING OF THE SAMPLE

In order to carry out a microscopic examination of the cross-section of one of these fragments, it is necessary to prepare a smooth, polished surface on one of them. To handle the microsamples, one must embed them in a substance whose consistency provides a support of a volume between 1 and 2 cm<sup>3</sup>.

#### 3.1. Wax and paraffin

At first the substances used for mounting were wax and paraffin, materials that were common in the early techniques of microscopy. Thus in 1914 Laurie<sup>3</sup> mounted the small fragments in paraffin, cutting them with a pointed knife along a plane that was perpendicular to the surface of the painting.

In 1936, Gettens<sup>4</sup> worked out a variant of the method of wax embedding that permitted him to obtain a preparation in a few minutes. He used two blocks of 3 x 4 inches of ceresina wax, and he deposited the microsample face down in one of the blocks. He then covered the sample with the second block, which had been slightly softened by heating (melting point 65-70°) in order to produce a bond. He immediately cut with a microtome along a transverse plane. On some occasions it is possible to cut and mount a thin cross-section to study under the microscope with transmitted light. Normally, however, samples from old paintings are too friable for fine cutting, and it is much quicker to prepare an opaque polished section.

#### 3.2. Synthetic resins

One of the most significant advances in the preparation of samples resulted from the use of synthetic resins, which had been employed since 1936, in the preparation of geological samples.

In 1940 Gettens<sup>5</sup> used methyl methacrylate monomer to impregnate friable material taken from paintings on cement and sandstone, because he did not obtain a satisfactory consolidation when using a mold with Bakelite and other plastics normally used for metal and mineral samples. To the methyl methacrylate monomer<sup>6</sup> 0.1 % Benzoyl peroxide was added as a catalyst. The sample was impregnated with ibis liquid in a test tube. A vacuum was created until air bubbles ceased to surface. Then the tube was quickly covered and placed in a lighted oven at 50 or 60° C for 24 to 48 hours so that it polymerized. By this method the consolidation of porous, fragile structures was accomplished, so that these structures could be cut and polished.

In 1950 Lefève and Sneyers<sup>7</sup> developed the methyl methacrylate technique for application to samples from easel paintings. They were aware that the older paraffin techniques gave unsatisfactory results: the paraffin techniques did not permit examination at more than 50 x, and they were extremely hard to polish. Lefève and Sneyers made available a method that solves the problem of polishing: the sample is covered with destabilized methyl methacrylate monomer liquid<sup>8</sup> with Benzoyl peroxide, and to this powdered methacrylate polymer in pearls was added until the liquid acquired a pasty consistency; it polymerized immediately in an oven at 50° C. By these means the swelling of some layers of paint that is produced by the slight solvent action of the hot acrylic monomer is avoided. The use of commercial products used by dentists was recommended<sup>9</sup>.

For these purposes polyester resins are also used. In 1954 Plesters<sup>10</sup> described the method

used in the National Gallery in London, which consists of covering the samples with resin <sup>11</sup>. Small cubes of polyethylene, similar to those used to make ice in a refrigerator, are used as a mold. In 1955 Straub and Rees-Jones <sup>12</sup> described the method in a study of different structures of paint layers. Plesters pointed out

that, in her opinion, it was not necessary to make transparent sections, such as are used for studying rocks, but to make only opaque sections for examination with reflected light, which simplified preparation greatly <sup>13</sup>. This technique is widely known and has been used by many researchers in other countries <sup>14</sup>.

Fig.1. Domenicos Theotocopoulos. 'El Greco'. Pentecost. Madrid, Prado, cat. n.º. 828 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Blue of the Virgin's mantle

- 1- Calcium sulphate: > 120  $\mu$
- 2- Ochre, lead white, minium, organic black and azurite:  $\approx$  50  $\mu$
- 3- Calcium sulphate, ochre, lead white, minium, organic black and azurite :  $\approx$  20 $\mu$
- 4- Lead white and azurite:  $\approx$  100  $\mu$
- 5- Varnish:  $\approx$  30  $\mu$
- 6- Blue overpaint:  $\approx$  10 to 25  $\mu$ .

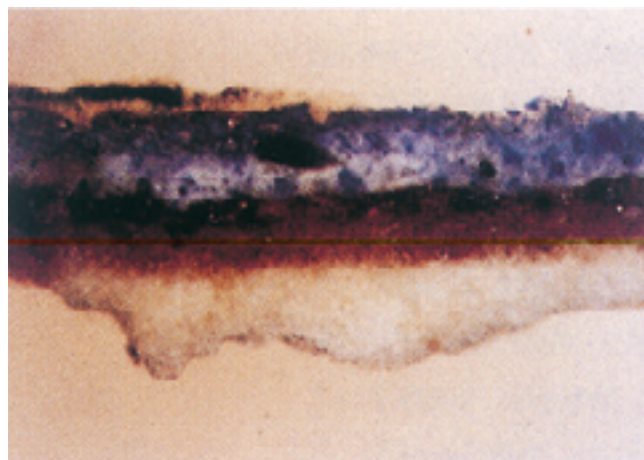
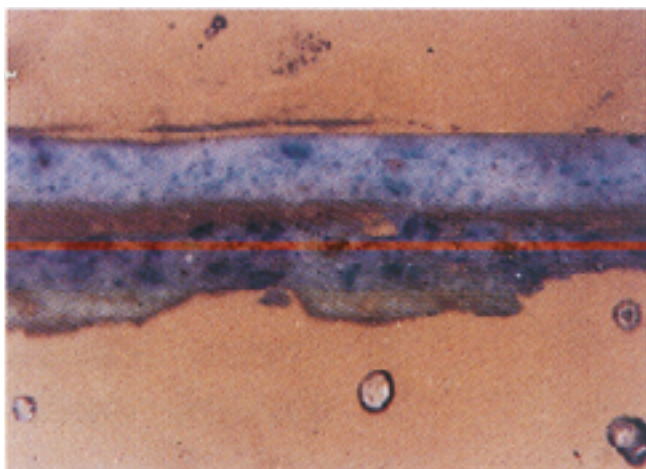


Fig.2. Paolo Veronese, Venus and Adonis. Madrid, Prado, cat. n.º. 482 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization: Blue of the heaven

- 1- Calcium sulphate: >220  $\mu$
- 2- Gil impregnation:  $\approx$  15  $\mu$
- 3 - Lead white:  $\approx$  15  $\mu$
- 4- Lead white and azurite:  $\approx$  20 to 40  $\mu$
- 5- Lead white and lapis lazuli:  $\approx$  35  $\mu$
- 6- Varnish:  $\approx$  10  $\mu$
- 7- Blue overpaint:  $\approx$  15  $\mu$
- 8- Varnish:  $\approx$  15  $\mu$ .

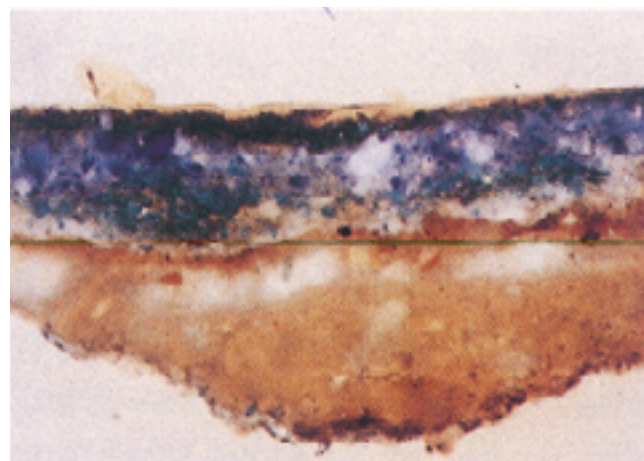


Fig. 3. Rogier van der Weyden, Pieta. Madrid, Prado, cat. n.º. 2540 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Blue of the heaven

- 1- Calcium carbonate: >30  $\mu$
- 2- Lead white:  $\approx$  10  $\mu$
- 3- Black drawing:  $\approx$  2  $\mu$
- 4- Lead white and azurite:  $\approx$  5  $\mu$
- 5- Lead white and lapis lazuli:  $\approx$  15  $\mu$
- 6- Varnish:  $\approx$  10 to 25  $\mu$
- 7- Lead white and azurite, later superposition:  $\approx$  40  $\mu$
- 8- Varnish:  $\approx$  15  $\mu$ .

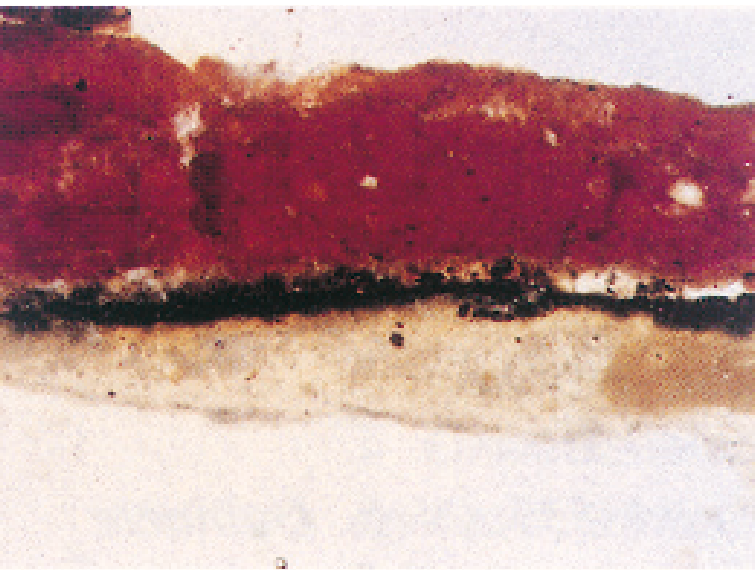


Fig. 4. Pedro Berruguete, Death of St Peter the Martyr. Madrid, Prado, cat. nº. 613 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado). Localization: Red of the personage's mantle.

- 1- Calcium sulphate: > 100  $\mu$
- 2- Gil impregnation:  $\approx$  10  $\mu$
- 3- Black drawing:  $\approx$  20  $\mu$
- 4- Lead white:  $\approx$  20  $\mu$
- 5- Red lake:  $\approx$  210  $\mu$
- 6- Varnish:  $\approx$  50  $\mu$ .

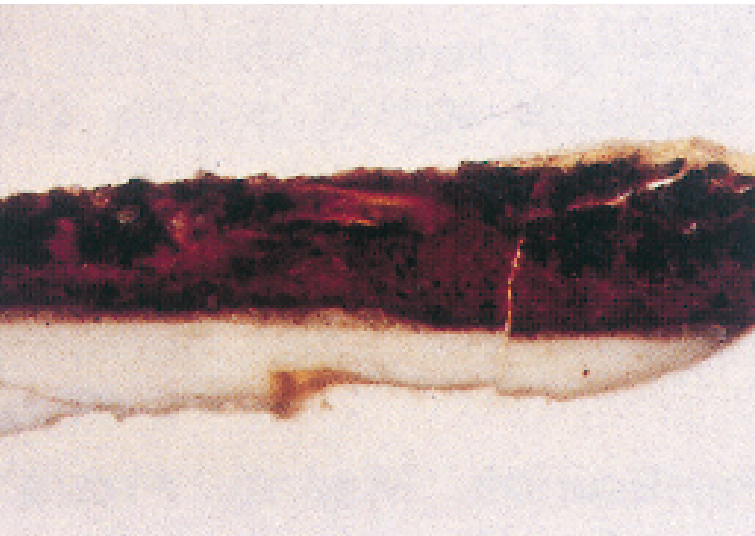


Fig.5. Raphael of Urbino. The Visitation. Madrid, Prado, cat. nº. 300 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Purple of the Virgin's mantle.

- 1- Calcium sulphate: >60  $\mu$
- 2- Lead white:  $\approx$  10 to 20  $\mu$
- 3- Red lake and azurite and lead white:  $\approx$ 124  $\mu$
- 4- Varnish:  $\approx$  16  $\mu$ .

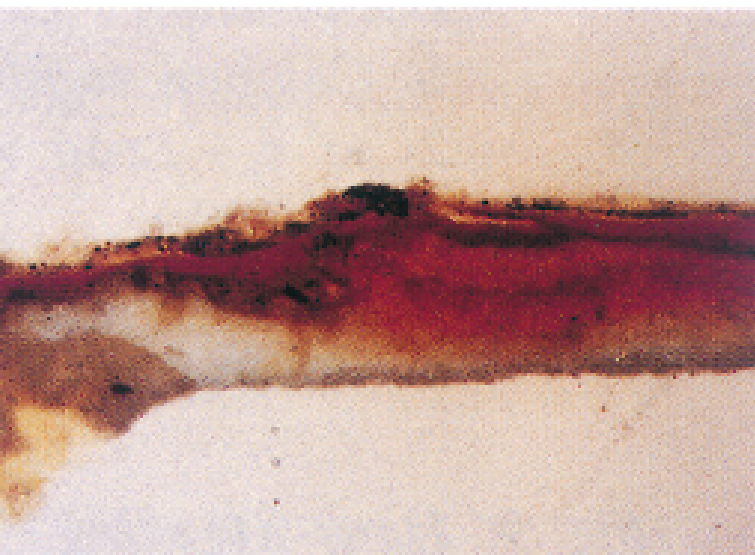


Fig.6. Rogier van der Weyden. Pietà. Madrid, Prado, cat. nº 2540 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization: Red of the donor's mantle.

- 1- Calcium carbonate: >40  $\mu$
- 2- Lead white:  $\approx$  40  $\mu$
- 3- Lead white and vermilion:  $\approx$  30  $\mu$
- 4- Lead white and vermilion:  $\approx$  30  $\mu$
- 5- Red lake:  $\approx$  20  $\mu$
- 6- Overpaint and varnish:  $\approx$  20  $\mu$

Fig.7. Domenicos Theotocopulos, 'El Greco'. The Crucifixion. Madrid, Prado, cat. nº. 823 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Green of the St. John's tunic.

- 1- Calcium sulphate: > 250  $\mu$
- 2- Red ochre, minium, lead white and organic black:  $\approx$  20 to 60  $\mu$
- 3- Cardenillo and lead white:  $\approx$  50  $\mu$
- 4- Cardenillo, lead-tin yellow, lead white:  $\approx$  70  $\mu$
- 5- Copper resinate:  $\approx$  10  $\mu$
- 6- Copper resinate and lead-tin yellow:  $\approx$  20  $\mu$
- 7- Varnish:  $\approx$  30  $\mu$

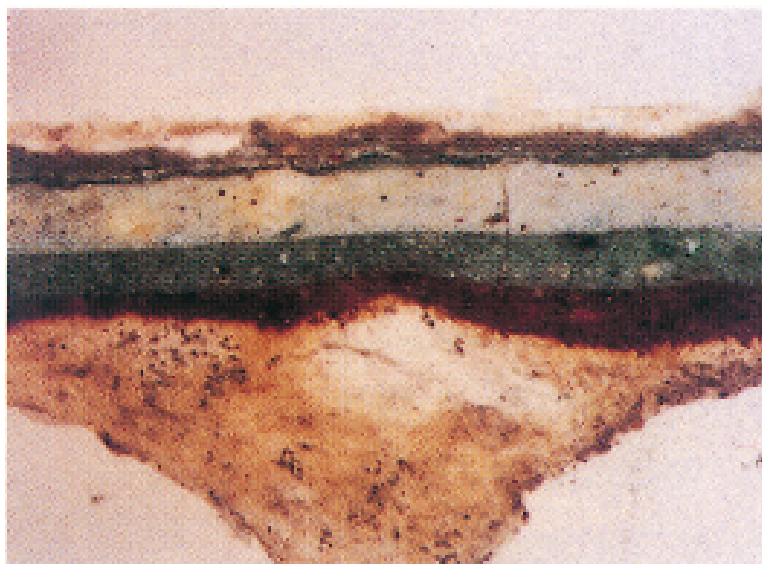


Fig. 8. Tiziano Vecellio, The Virgin and Child with St. George and St. Catherine. Madrid, Prado, cat. nº. 434 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Green of the curtain

- 1- Calcium sulphate: > 120  $\mu$
- 2- to 6 - Lead white, different copper greens, some ochre and lead-tin yellow :  $\approx$  200  $\mu$
- 7- Varnish:  $\approx$  10  $\mu$
- 8- White overpaint:  $\approx$  146  $\mu$ .



Fig.9. Hans Memling, The Purification. Madrid, Prado, cat. nº. 1557 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Green of the small temple superimposed to the architecture.

- 1- Calcium carbonate: > 140  $\mu$
- 2- Lead white:  $\approx$  8  $\mu$
- 3- Lead white and organic black:  $\approx$  32  $\mu$
- 4- Copper resinate and lead white:  $\approx$  16  $\mu$
- 5- Copper resinate and some vermilion:  $\approx$  30  $\mu$
- 6- Overpaint:  $\approx$  32  $\mu$
- 7- Varnish:  $\approx$  10  $\mu$ .

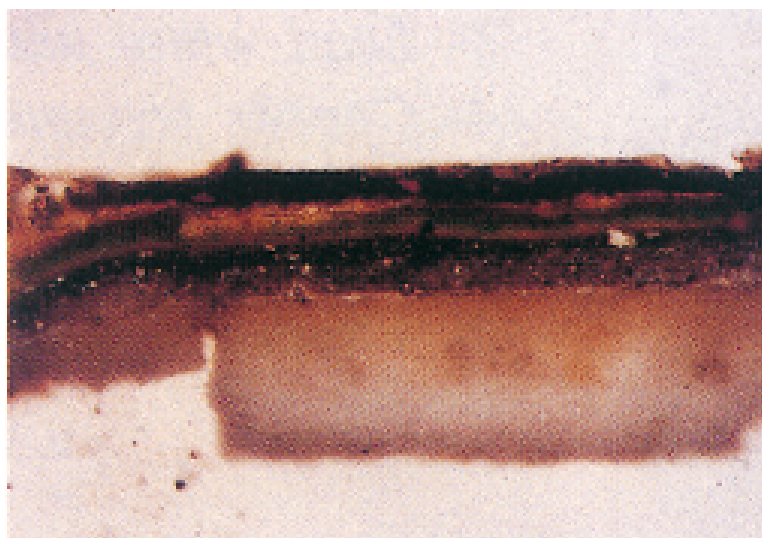




Fig. 10. Sopetran. The Death of the Virgin. Madrid, Prado, cat. nº. 2578 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Brocade of the bedspread of the Virgin's bed.

- 1- Calcium carbonate: > 110  $\mu$
- 2- Black drawing:  $\approx 2 \mu$
- 3- Lead white:  $\approx 5 \mu$
- 4- Vermilion and lead white:  $\approx 15 \mu$
- 5- Lead white, red lake and organic black, some azurite:  $\approx 40 \mu$
- 6- Lead-tin yellow and lead white:  $\approx 20$  to  $40 \mu$
- 7-8- Varnish: up to  $40 \mu$



Fig. 11. Pedro Berruguete. St Peter the Martyr praying. Madrid, Prado, cat. nº. 612 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Brocade of the rug.

- 1- Calcium sulphate: > 60  $\mu$
- 2- Calcium sulphate, carbon black, oil impregnation:  $\approx 100 \mu$
- 3- Organic black:  $\approx 10 \mu$
- 4- Lead white:  $\approx 10$  to  $15 \mu$
- 5-6- Copper resinate and lead white in varying proportion:  $\approx 15 \mu$
- 7-8- Lead white and red lake and some vermilion:  $\approx 20 \mu$
- 9- Varnish:  $\approx 15 \mu$

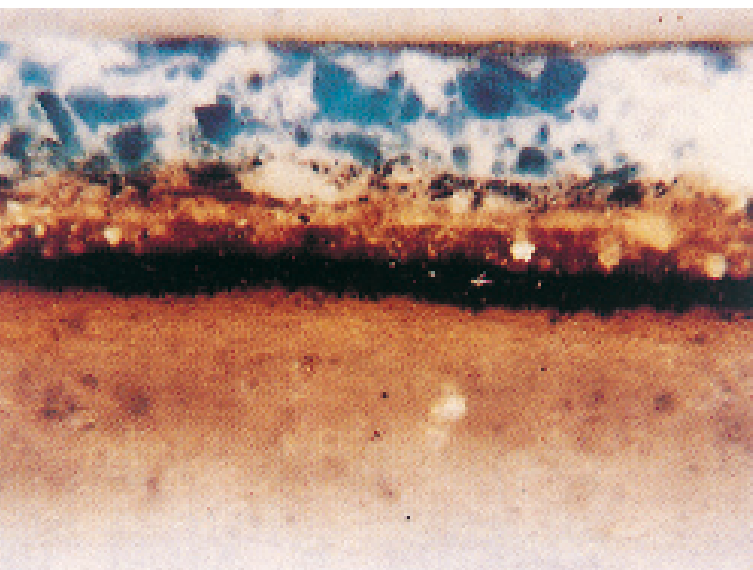


Fig. 12. Pedro Berruguete, Annunciation. Burgos, Cartuja de Miraflores (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Blue of the Virgin's mantle.

- 1- Calcium sulphate: > 1000  $\mu$
- 2-3- Calcium carbonate and oil impregnation:  $\approx 80 \mu$
- 4- Organic black:  $\approx 20 \mu$
- 5- Lead white and ochre:  $\approx 25 \mu$
- 6-7-8- Azurite, calcium sulphate and lead white:  $\approx 60 \mu$
- 9- Varnish:  $\approx 10 \mu$

Fig.13. Domenicos Theotocopulos, 'El Greco'. The Crucifixion. Madrid, Prado, cat. nº. 823 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Red of the St John's mantle.

- 1- Calcium sulphate: > 250  $\mu$
- 2- Red ochre, minium, lead white, organic black:  $\approx$ 50 to 60  $\mu$
- 3- Lead white and some red lake:  $\approx$  20 to 60  $\mu$
- 4- Red lake:  $\approx$ 10 to 50  $\mu$
- 5- Lead white and red lake:  $\approx$  10 to 50  $\mu$
- 6- Red lake:  $\approx$  10 to 50  $\mu$
- 7- Varnish:  $\approx$  50  $\mu$

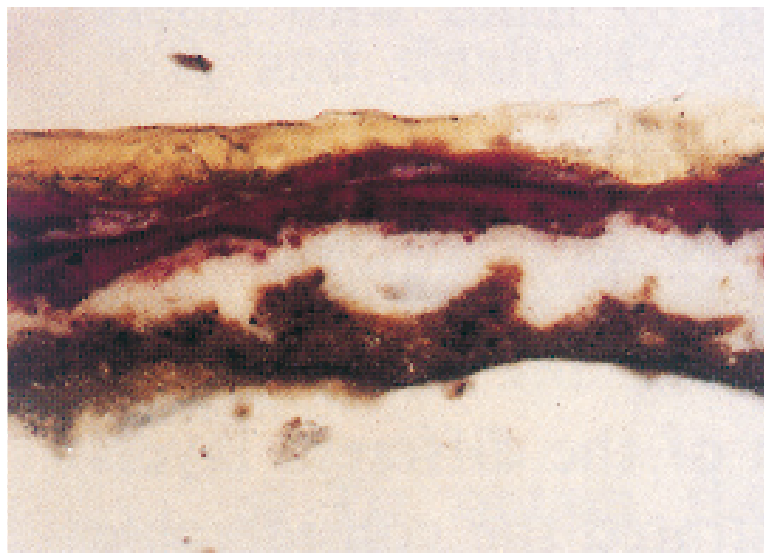


Fig. 14. Diego Velasquez de Silva, Vulcan's Forge. Madrid, Prado, cal. no. 1171 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization: Green of Apollo's laurel crown.

- 1- Lead white and organic black: >120  $\mu$
- 2- Oil impregnation:  $\approx$  40  $\mu$
- 3- Azurite, lead white and yellow organic lake:  $\approx$  80  $\mu$
- 4- Varnish:  $\approx$  35  $\mu$ .

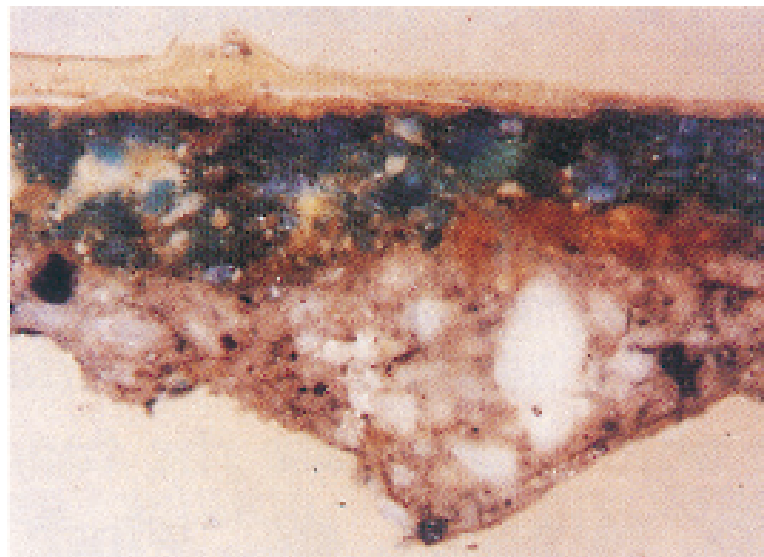
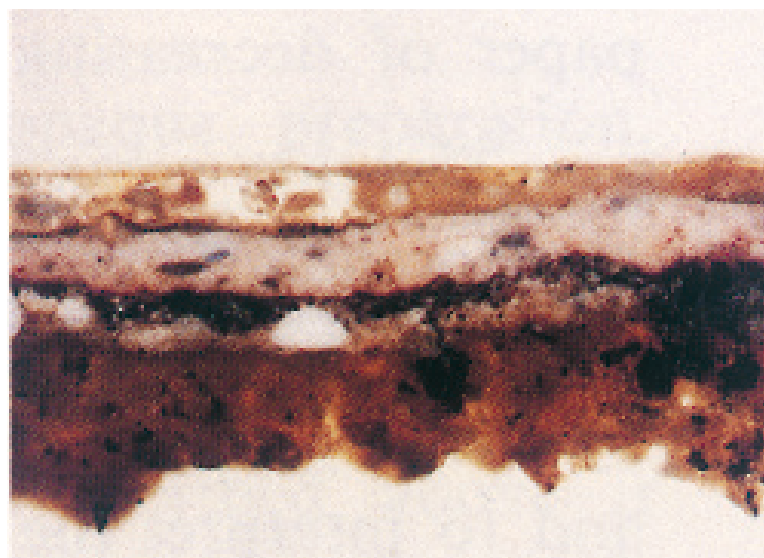


Fig. 15. Diego Velasquez de Silva, The Tapestry weavers. Madrid, Prado, cato no. 1173 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Flesh colour. of the female figure at the right side.

- 1- Lead white, ochre and organic black: > 110  $\mu$
- 2- Lead white, red lake, ochre and organic black:  $\approx$ 25  $\mu$
- 3- Lead white and organic black:  $\approx$  16  $\mu$
- 4- Red organic lake:  $\approx$  5  $\mu$
- 5- Change of composition, lead white, vermilion and azurite:  $\approx$ 50  $\mu$
- 6- Varnish:  $\approx$  45  $\mu$ .



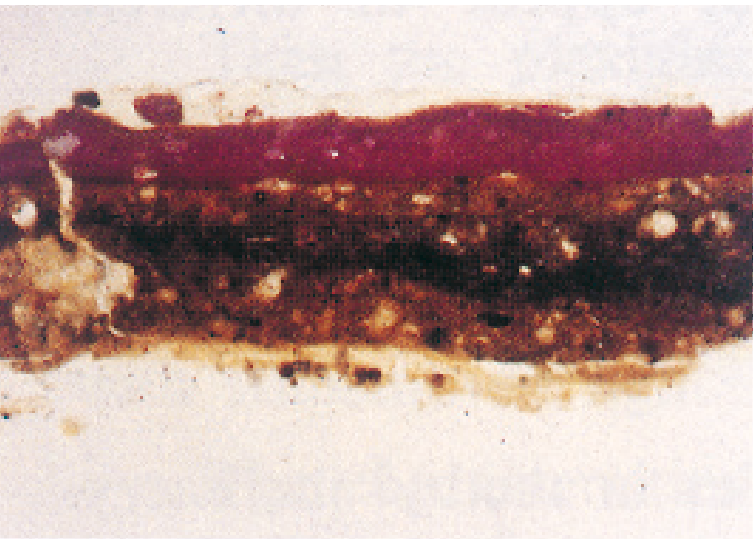


Fig. 16. Francisco de Zurbarán, Christ giving his blessing. Madrid, Prado, cal. (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado). no. 6074

Localization : Red sleeve of Christ's tunic.

- 1- Lead white, ochre, organic black: > 280  $\mu$
- 2- Lead white and red lake:  $\approx$ 60  $\mu$
- 3- Varnish:  $\approx$  10 to 40  $\mu$ .



Fig. 17. Francisco de Goya, Judith and Holofernes. Madrid, Prado, cat. nº. 764 (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization : Black of Judith's dress.

- 1- Calcium sulphate: > 170  $\mu$
- 2- Carbon black:  $\approx$ 170  $\mu$
- 3- Lead white, vermilion:  $\approx$ 30 to 50  $\mu$
- 4- Change of composition, carbon black and lead white:  $\approx$  25 to 50  $\mu$
- 5- Varnish:  $\approx$ 10 to 25  $\mu$ .



Fig. 18. Pablo Picasso, Guernica. Madrid, Prado (Neg. Gabinete tecnico del Museo del Prado).

Localization: White of the warrior's head.

- 1- Animal organic glue: ) 20  $\mu$
- 2- Barium sulphate:  $\approx$  80  $\mu$
- 3- Lead white:  $\approx$  15  $\mu$
- 4- Zinc white and organic black:  $\approx$  80  $\mu$
- 5- Lead white and zinc white:  $\approx$  80  $\mu$
- 6- Organic black:  $\approx$  35  $\mu$
- 7- Zinc white:  $\approx$  80  $\mu$
- 8- Varnish:  $\approx$ 10 11.



#### 4. THIN CROSS-SECTIONS

The technique of thin cross-sections was used in 1958 by Sneyers and Thissen<sup>15</sup> in the examination of gesso in an Assyrian relief. They saturated the samples with methyl methacrylate monomer, cut the block perpendicular to the surface of the sample and polished it with emery paper until they obtained the desired surface in the small fragment under examination. This preparation was then quickly attached to a plexiglas slide 3 mm thick, making a kind of microscope slide. As an adhesive they used a half-polymerized monomer in a syrupy state, holding it down with a press and heating it in an oven to 60° C for 3 or 4 hours. The sample's thickness was reduced by sanding, and the final polishing was done by hand with emery paper of decreasing grit.

The thin cross-section was introduced into the study of paintings in 1959 by Coremans and Thissen<sup>16</sup>. Using the previously described method, they prepared a thin section from a sample of the Adoration of the Mystic Lamb by Van Eyck. They were able to evaluate the function of the different layers and to interpret the glazes, varnishes, etc., which illustrated the considerable possibilities of the method. In our opinion, the use of thin sections permits one to include the study of function within the study of form: In the different layers of paint, the formal changes that appear in different structures indicate quite specific functions.

#### 5. METHOD USED IN THE PRADO MUSEUM

Since 1970 Kockaert<sup>17</sup> also has embedded samples in methyl methacrylate. Kockaert used two cubes of plexiglas in a way similar to Gettens's method of two wax blocks, as described above. Kockaert cements the paint sample with cyanolit in one of the cubes. Once it is dry, it is covered with a coat of acrylic monomer in a syrupy state<sup>18</sup>. The other cube, which has also been covered with monomer,

is placed on top of the first cube and lightly pressed with Hoffman tweezers and left in an oven overnight at 55° C.

In Madrid we have followed the methyl methacrylate technique since 1963, converting practically all our samples to thin sections on a support of plexiglas<sup>19</sup>. In our working method we mount the samples in small holes made in a bar of plexiglas measuring 1 x 2 x 20 cm. We surround them with methyl methacrylate monomer and polymer of the type used by dentists<sup>20</sup>. The method is as follows:

a) In a bar of plexiglas measuring 1 x 2 cm in section, small holes of 1 cm in diameter are made. The holes are placed 2 cm apart, and thus in a bar of 20 cm length, we can mount 10 samples, one in each hole;

b) The bottom of the bale is covered first with liquid monomer to which polymer dust is added until it is saturated. This mixture should not fill more than half the capacity of the bale. Before the mixture hardens, the microsample is placed carefully so that the surface plane of the paint is face down. Then the bale is filled or overfilled with powdered and liquid polymer. Within a few minutes the mixture hardens, and the sample is embedded within the bar of plexiglas. Now the bar is ready to be cut;

c) The bar of plexiglas is cut as close as possible to the sample, using an iron blade made of metals. The bar is smoothed with coarse sandpaper or emery paper followed by filler paper until the sample is reached. The final polishing of the surface is done with metallographic sandpapers of 0, 2/0, 3/0, and finally 4/0<sup>21</sup>.

The first examination is carried out on ibis opaque preparation. Photomicrographs are also made in case subsequent handling during the preparation of thin sections should cause any accidental damage to the sample.

d) To obtain the thin section, the preparation described above is cemented to a

plexiglas microscope slide of 2 mm thick ; the adhesive is syrupy methyl methacrylate monomer<sup>22</sup>. Strong pressure is applied with a screw press, and the slide is left in an oven at 50-65° C for at least 6 hours. Then the plexiglas cube is cut with a saw as close as possible to the microscope slide. It is smoothed with sandpaper and it is polished as described above, taking the sample down to a thickness of between 0,02 and 0,04 mm, at which point the different layers of the paint structure are visible with transmitted light <sup>23</sup> .

The characteristics of each school in its different stages, with respect to the materials used, the grinding of the pigments and the way paintings are elaborated and strata superimposed, may be determined through the microscopic study of thin layer stratigraphic sections, performed on microsamples obtained by the earlier mentioned procedure. Furthermore, within each school, the material peculiarities typical for each painter and the evolution of his technique may be identified. The comparison of the data obtained for each school is of great importance to ascertain the influences, similarities and differences among them..

In the study of the thin layers it is observed which preparation is laid on the wood or canvas support<sup>24</sup>. In Flemish and Italian paintings, it is often calcium carbonate, while in Spanish paintings, especially of the 15th and 16th centuries, it is usually calcium sulphate. The preliminary gesso grinding in the Spanish schools is generally thicker than the one prepared with carbonate in the other foreign schools. This stratum may be applied in one layer, although in carefully elaborated paintings it has been possible to observe up to three layers <sup>25</sup> .

The preparation tends to get darker in the 17th century, becoming very dark reddish-brown or even black, according to the stylistic preferences of each moment. In Spain, painters like Goya recuperated the white preparations from earlier epochs, performing them

however with lead white. This material had been utilized by Velázquez for the same purpose, although mixed with other pigments that contribute to a greyish or pinkish coloration. In panel painting the underdrawing is effected on top of the preparation and occasionally it is fixed by means of a thin layer of oily substance, sometimes with a proteic mixture, which impregnates the preparation in some cases. Then, a white layer (lead white) serves as priming for the color. From the 16th century on, the stratum will become colored, either in a uniform fashion all over the surface, rather common technique in Flanders, Italy and Spain <sup>26</sup>, or locally, as performed by some Italian painters, such as Raphael, in some of his paintings <sup>27</sup>.

In the 17th century it is frequent that both layers of preparation and priming are combined into only one layer which tries to assume the characteristics of both. This may be seen in the paintings by Velázquez performed after his arrival to Madrid and after his two trips to Italy.

The pigments used in the different schools are similar. However it is difficult to find lapis-lazuli and mercury vermilion in Spanish painting, especially in the 15th and early centuries, at least in the way it is used in Flemish and Italian painting: a tick layer, in some cases two, of lead white with vermilion or azurite depending upon the tonality, and a second layer of the same pigment mixed with lapis-lazuli or vermilion as coloring substances. In many cases glazes of lapis-lazuli and organic red lacquer are superimposed for the completion of these paintings.

The Spanish painting of the 17th century is, however, less structurally elaborated and the lack of these pigments may be determined by their high price<sup>28</sup>. In complex structures of blues and reds, organic red lacquer and azurite are usually the materials which substitute the aforementioned elements. Pigments like malachite appear more frequently in other countries; in Spain it is seldom found.

The differentiating factors among painters are fundamentally the mode of effecting the mixtures, the grinding of the pigments, the superimposition of tonalities for the achievement of color, the brushstroke etc. All these elements are developed differently depending upon the personality and style of each painter, and that is the key to the results obtained by each of them which make them often unique within the worldwide artistic panorama. The changes in composition as well the layers of paint which correspond to those modifications may be determined by the microscopic examination of the thin layers. This may be observed, for example, in cross-section (see figures) corresponding to works by Berruguete, Goya, Velazquez and Picasso where it is defined which strata correspond to the first composition and which to the second<sup>29</sup>. Possible modifications the works went through in other epochs and superficial overpaintings due to the different restorations they have gone through<sup>30</sup> may be observed as well.

The interpretation of the thin layer must never be carried out in an isolated manner but in relation with other technical documents such as radiography, infrared reflectography and technical photographs obtained with different artificial lighting procedures.

## RÉSUMÉ

Les auteurs indiquent la manière de prendre un prélèvement de peinture et de l'incorporer dans une matière qui, après séchage, peut être polie conformément à un plan perpendiculaire à la surface de la peinture. Diverses techniques ont été utilisées à cet effet depuis que Laurie, en 1914, mit les premiers échantillons dans un lit de paraffine. La cire fut utilisée, et dans la suite, surtout les résines synthétiques adoptées depuis 1940.

L'étude des coupes au moyen du microscope permet de déterminer les caractéristiques des différents écoles de peinture et des différents peintres, notamment en ce qui concerne la superposition des couches et les pigments utilisés. Ainsi ont varié, selon les écoles, les matériaux adoptés pour la couche de préparation l'adoption ou non de couches intermédiaires blanches ou colorées. Si les pigments en usage furent les mêmes dans les différentes écoles, l'Espagne se distingue néanmoins par une élaboration simplifiée des couches par rapport à l'école flamande, et par l'usage parcimonieux de pigments précieux tels la malachite et le lapis-lazuli. ■

## NOTES

1. We use a scalpel of the type normally used in eye operations because of the fine but strong point. 2. R.J. GETTENS, A Microsectioner for Paint Film, in *Technical Studies in the Field of Fine Arts*, I, 1932-1933, fasc. 1, July 1932, p. 20-28.
3. A.P. LAURIE, *The Pigments and Mediums of the Old Masters*, London, Macmillan, 1914, p. 18 -24.
4. R.1. GETTENS, The cross-sectioning of paint film, in *Technical Studies in the Field of Fine Arts*, V, 1936-37, fasc. 1, July 1936, p. 18-22.
5. ID., The Use of Methyl Methacrylate in the Preparation of Polished Specimens of Friable Material, in *Technical Studies in the Field of Fine Arts*, IX, 1940-1941, fasc. 2, October 1940, p. 113-116.
6. To stabilize the monomer, the manufacturers add a polymerizer inhibitor; they also give instructions for the elimination of the inhibitor before use.
7. R. LEFEVE and R. SNEYERS, La Microchimie des peintures anciennes. Une nouvelle méthode de préparation des coupes, in *Mededelingen van de Vlaamse Chemische Vereniging*, XII, 1950, p. 99 -101.
8. Three percent Benzoin peroxide is added to eliminate the polymerizer inhibitor, decanting and filtering the oxidation products.
9. Kallodent 1) liquid and 2) powder clear 222, made by LC.L
10. J. PLESTERS, The Preparation and Study of Paint Cross-sections, in *The Museums Journal*, 54, 4, July 1954, p. 97-101.
11. Polyester resins brand name " Resin SB. 26C " or similar products such as " Ceemar Resin " and " Beetle Resin 4166 ".
12. R.E. VAN STRAUB and S. REES-JONES, Mikroskopische Querschnitte van Gemalden, in *Maitechnik*, 56, 1955, p. 119-125.
13. 1. PLESTERS, Cross-sections and Chemical Analysis of Paint Samples, in *Studies in Conservation*, n, 3, 1956, p. 110-132.
14. In Spain it was used by M.C. DÍEZ ATARES, Investigación de las estructuras finas en las Obras de Arte, in *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físico Químicas Y Naturales de Zaragoza*, serie 2°, XII, 1, 1957, p. 87-107. It is also used in the laboratory of the Louvre Museum, among others.
15. R. SNEYERS and I. THISSEN, La technique des lames minces appliquée à l'examen d'un relief assyrien en gypse, in *Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique*, I, 1958, p. 94-95.
16. P. COREMANS and J. THISSEN, L 'Introduction des lames minces dans l'examen des peintures, in *Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique*, II, 1959, p. 41-45.
17. L. KOCKAERT, Nieuwe vervaardiging van microscopische doorsneden in verfmonsters, in *Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique*, XIV, 1973/74, p. 118-120.
18. To prepare the adhesive, the author recommends dissolving 1/3 powdered methacrylate in 2/3 monomer. After a day the solution becomes syrupy and can be used.
19. Among the first published studies, the following should be pointed out: A. DIAZ MARTOS, and J.M. CABRERA GARRIDO, La Virgen de la Mosca de la Colegiata de Toro, in *Informes y trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología*, n° 6. The archives of the Instituto de Conservación y Restauración, and of the Gabinete de Documentación técnica del Museo del Prado contain more than three thousand thin sections.
20. The following products give a material that is very transparent without bubbles and without a solvent effect on samples of old paint : - Paladur, made by Kulzer & Co, GmbH, D 6380 Bad Homburg ; - Technovit. There are self-polymerizing methacrylate resins in powdered and liquid form. For polymerization at room temperature, they contain a tertiary amine (N-bustilamina) which produces solution of the initiator of Acilo peroxide (Benzoin peroxide).
21. For example, Buheler.
22. To prepare methyl methacrylate as an adhesive with a monomer base, the following procedure is used : 200 cc. of methyl methacrylate monomer is placed in an adequate container. Soda (NaOH) at 5% is added several times (approximately 150 cc of NaOH total) until the hydroquinone that the product contains as an inhibitor is eliminated. Then one proceeds to wash the resulting liquid two or three times with distilled water. Neutrality is tested with pH paper. Afterwards sulfate of anhydrous sodium ( $\text{SO}_4\text{NO}_2$ ) is added to eliminate the water, and the material is left in this state for several hours. Once the monomer is ready, it is placed in a test tube with a small quantity of Benzoin peroxide to convert it to a syrupy state and then placed in the oven at about 50° C for 3 or 4 hours.
23. Preparations of wood and cloth in the support of paintings, as well as samples of mural painting, are impregnated with monomer in a vacuum, as mentioned in op. cit. 5 in order to consolidate the structures. Then the procedure for thin sections is followed.
24. The procedure of mounting microsamples is also valid for the study of the nature of the fibers, which constitute the support of canvaspaintings. Similarly, radial, transversal and tangential mountings of the wood that constitutes the support of the painting on panel may be

performed, in order to determine its nature.

25. M.C. GARRIDO, Contribución al estudio de la obra de Pedro Berruguete, utilizando los métodos fisico-químicos de examen científico. La Anunciación de la Cartuja de Miraflores (Burgos), in *Archivo Español de Arte*, Vol. LI, n° 203, 1978, p. 307-322.

26. See for example I.R.J. VAN ASPEREN DE BOER, R. VAN SCHOUTE, M.C. GARRIDO, J.M. CABRERA, Algunas cuestiones técnicas del Descendimiento de la Cruz de Roger van der Weyden, in *Boletín del Museo del Prado*, Vql. n° 18, 1983, p.48-49. M.C. GARRIDO, Consideraciones técnicas sobre las pinturas de Rafael del Museo del Prado. Catalogue of the Exhibition: Rafael en España. Museo del Prado. Marzo-Agosto 1985, p. 127-134.

27. L. FAILLANT-DUMAS, J.P. RIOUX, Raphaell étudié au Laboratoire. Catalogue of the Exhibition.. Raphael dans les collections françaises, Paris, 1983-84, p. 426.

28. It may be said for example that the Deposition by van der Weyden was a costlier painting than the Altar-

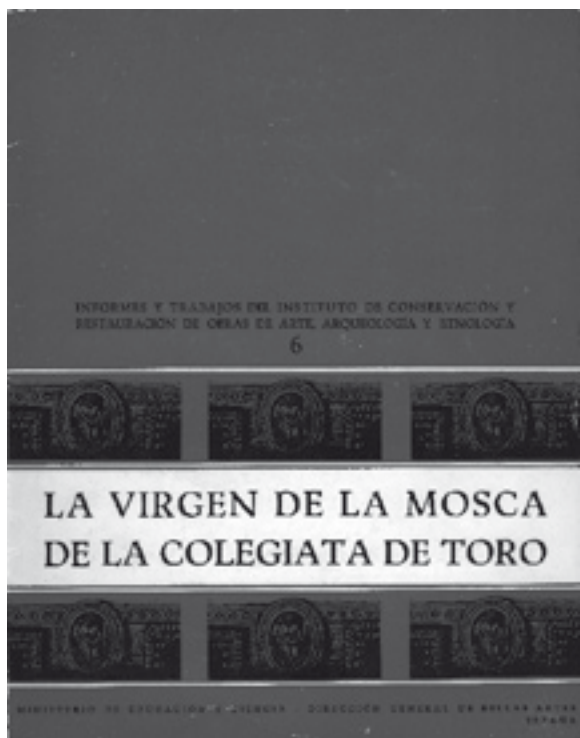
piece of Ghent by van Eyck, considering the thickness of the layer of lapis-lazuli, op. cit., no. 26, p. 49, It is curious to observe how, for example, in Spain vermilion is reserved in some cases for the donors of the painting.

29. If in the case of paintings by Velazquez and Picasso the superimpositions correspond to a change in the position of the figures, in the case of Goya, the structuration is the outcome of a complete remodeling of the subject of the black paintings since they were originally conceived as landscapes to be subsequently completely modified. J.M. CABRERA, M.C. GARRIDO, Estudio técnico del Guernica, in *Boletín del Museo del Prado*, 11, n° 6, 1981, p. 147-156.

M.C. GARRIDO, Algunas consideraciones técnicas sobre las Pinturas Negras de Goya, in *Boletín del Museo del Prado*, V, n° 13, 1984, p. 4-40.

30. J.M. CABRERA, La Piedad de Roger Van der Weyden. Análisis de Laboratorio, in *Boletín del Museo del Prado*, 1, n° 1, 1980, p. 39-49.

## 6.1. La Virgen de la Mosca de la Colegiata de Toro



En el mes de junio de 1962, la Dirección General de Bellas Artes encargó al profesor de la Escuela Central de Bellas Artes de San Fernando, D. Francisco Núñez de Celis, realizar un informe sobre el estado de conservación de esta célebre y discutida pintura. En el informe se decía, entre otras cosas: "la condensación de la humedad en el reverso de la tabla ha motivado el cultivo sobre ésta de moho blanco y verdoso y probablemente la desunión de dos de sus tablas en una gran grieta vertical". Algún tiempo después, cuando ya el Instituto había puesto en marcha técnicas de laboratorio para estudiar las materias constitutivas de las obras de arte, piezas arqueológicas y etnológicas, se consideró necesario trasladar la referida pintura para iniciar su estudio preliminar y efectuar después un tratamiento de conservación y una restauración si los resultados del examen así lo aconsejasen. De estos trabajos,

que comprendían los histórico-artísticos y los físico-químicos, se encargaron los Dres. Díaz Martos, Secretario del I. C. C. R. y Cabrera Garrido, Jefe del Laboratorio del mismo Centro, quienes conjuntamente han realizado el presente trabajo publicado como N° 6 de los "Informes y Trabajos" del Instituto.

La metodología seguida en el estudio y los resultados obtenidos para la conservación de tan valiosa obra de arte, han de servir como ejemplo de otros muchos similares que el Instituto acometerá dentro de sus actividades, no sólo ya dirigidas a salvar y conservar nuestro Patrimonio Artístico y Cultural, sino también, y como medio de este fin último, a estudiar técnica, estilística e históricamente las obras, en una colaboración de especialidades que tan necesaria resulta en muchos campos de la investigación moderna. El estudio realizado en la pintura de la Colegiata de Toro, ha dado como resultado la decisión de intervenir con una restauración muy limitada, según nos han puesto de manifiesto los análisis y estudios que en ella se han efectuado previamente, necesarios siempre antes de acometer cualquier tipo de tratamiento de conservación o restauración, que a veces, resulta más perjudicial para la obra que un simple control del medio ambiente, o una vigilancia rigurosa temporal de sus elementos constitutivos. Y este es el caso de nuestra pintura en la que, salvo una ligera limpieza de la capa de barniz y la simple consolidación del soporte, no es necesario para su conservación presente y futura más que una instalación adecuada con un control del medio ambiente a que esté sometida.

### 2. DESCRIPCIÓN E ICONOGRAFÍA

La figura central es la Virgen con el Niño sentado en su regazo, en actitud de tomar



una pera que ésta le ofrece con la mano derecha, mientras que con la izquierda lo sostiene en actitud delicada. A su derecha está Santa Magdalena, que contempla tiernamente al Niño y hace intención de coger la fruta. Al otro lado se encuentra Santa Catalina de Alejandría, con el libro entre las manos, absorta y un tanto alejada de la escena que se desarrolla entre los tres personajes. Detrás, una figura masculina con otro libro entre las manos se apoya en el trono de la Virgen, inhibida también de la escena. El fondo está constituido por el trono, en primer plano, pilastras de columnas y un paisaje de árboles y arquitecturas.

La composición está muy repetida en los pintores primitivos flamencos, con variantes respecto a las figuras femeninas que acompa-

ñan a Santa Catalina, que son generalmente Santa Margarita o Santa Bárbara. Todos los demás elementos están colocados según esta misma manera tradicional.

La figura central en la composición de la pintura, es la Virgen. Tiene la cabeza descubierta con halo, aunque originalmente se cubría con un fino velo (fig. 11). El cabello cae suelto sobre un vestido azul, bajo el cual se perciben otros, verde y marrón, con brocados; un manto rojo escarlata cae desde la rodilla izquierda hasta el pie del mismo lado y aparece por el contrario cubriendo el suelo; calza sandalias abiertas en la punta. El Niño se cubre con un manto blanco.

La figura de Santa Catalina de Alejandría porta corona y adorno para el pelo, de oro y piedras preciosas. El vestido originalmente azul celeste, presenta una decoración pintada, imitando un brocado; sobre el pecho, un broche con un figurilla; el libro tiene una escritura litúrgica figurada. La Santa tiene los siguientes atributos: corona real, el libro de la ciencia, el anillo de su matrimonio místico con el Niño Jesús y la espada, símbolo de su martirio. Falta el atributo de la rueda, pero ésta se reproduce de una manera constante como elemento decorativo en las pilastras y en los adornos del vestido de Santa Magdalena".

La figura de ésta, se toca con un fino velo; el vestido es amarillo, de cortesana (in hábitu meretricio), antes de su penitencia, ricamente adornado con brocados y adornos circulares que simbolizan el atributo antes mencionado. El manto es verde y la cubre hasta los pies. En la mano izquierda sostiene la tapadera del vaso de perfumes que sirvió para rociar los pies del Salvador, y que está apoyado en una pilastra, debajo de las manos.

La cuarta figura es de un personaje masculino, que cubre su vestido rojo con una capa verde, provista de capucha; en su mano izquierda sostiene un libro y unas gafas. Este personaje se ha identificado como San José<sup>1</sup> en edad de unos cincuenta años e imberbe,



Fig. 2. D. Bouts: "Entierro de Cristo" Detalle.

como suele representarse a partir del siglo xv, después de que en el Concilio de Constanza, se sostuvo esta edad para su casamiento con la Virgen. Un dato contradictorio, sin embargo, para esta identificación es el carácter intelectual que tiene la figura. Este personaje aparece ya por otra parte repetido icono gráficamente en el "Entierro de Cristo", pintura atribuida a D. Bouts, perteneciente a la National Gallery de Londres.<sup>2</sup> La identificación del rostro y los ropajes son también los mismos (fig. 2). En el cuadro de Londres, esta figura aparece como San Nicodemo, atribución un tanto insegura desde el momento que se utiliza en la pintura de Toro como un Santo que cumple un papel en la escena bien distinto que en aquella. También es identificable con la figura de S. José de la tabla "La Adoración de los Magos" de H. Memling, del Hospital de San Juan de Brujas. Por el momento ningún dato seguro puede conducirnos a su identificación definitiva.

En el fondo se han representado una serie de edificios destacando uno de ellos como el



Fig. 3. Detalle del fondo con edificaciones, de la tabla de Toro.

principal. (Fig. 3.) Su tejado tiene forma curva, poco frecuente en este tipo de construcciones. Sobre él, coronando tres puntos se destacan otros tantos grupos escultóricos; en el del lado izquierdo se representa la muerte de Abel por Caín, quien esgrime en su mano derecha la mandíbula de asno; en el lado opuesto, la lucha de Hércules con el león de Nemea y en el centro una figura alada. Al otro lado del trono, un paisaje frondoso de árboles completa el fondo. En plano más avanzado, dos pilastras, otras tantas basas y fustes de columnas enmarcan la escena; ofrecen una decoración abigarrada de elementos vegetales, animales míticos y esquemas geométricos, y entre ellos, formas circulares que simbolizan la rueda, atributo que falta a Santa Catalina.

El trono de la Virgen se compone de pilastras, columnas y otros elementos arquitectónicos. El suelo es vegetal, con plantas y en él aparece un animal batráceo, seguramente para dar una mayor sensación de realismo.





Fig. 4. Pintura sobre tabla de la Colección Spiridon. Paris

### 3. Estilo y atribución

Una composición similar nos ofrece una tabla de la colección Spiridón,<sup>3</sup> efectuada hacia 1520 y atribuida a un pintor flamenco (fig. 4). Esta obra está inspirada en la de Toro: pues siendo los mismos elementos, salvo algunas pequeñas diferencias, los atributos y otros detalles están confundidos, mostrando que el autor quiso introducir variaciones sin un sentido claro y con una técnica de estilo muy por bajo de la correspondiente a aquélla.

Desde el punto de vista estilístico, las figuras femeninas están dentro del círculo de Gerard David. Se podrían señalar bastantes paralelos con obras atribuidas a este pintor o a otros influenciados directamente por él. Unos muy claros se observan en la tabla “Virgen entre las Vírgenes” del Museo de Bellas Artes de Rouen, la cual conoció, probablemente también, el pintor de la tabla de la colección Spiridón (fig. 5).

Como detalles principales podemos señalar en la tabla de Toro, los siguientes:

#### LA FIGURA DE LA VIRGEN Y EL NIÑO

El rostro, los cabellos sueltos y rizados y las manos, están dentro del estilo de G. David y de los antiguos pintores flamencos. La posición del Niño, escorzada, es menos frecuente en éstos. Marca una evolución de composición bien definida en “La Virgen y el Niño” de J. Prevost, del Museo Walters en Baltimore, así como otras semejanzas de estilo, dignas de tomarse en cuenta. Calza sandalias abiertas en la punta, como los personajes del díptico “La justicia de Cambyse”, de G. David, en el Museo de Brujas.

#### SANTA CATALINA DE ALEJANDRÍA

El rostro es el mismo que en la tabla de Rouen, y la posición del cuerpo y de las manos, es como la de la Santa que figura al lado contrario, en la referida pintura. El vestido no tenía originalmente decoración, era liso, de color azul claro como aparece en la tabla de la colección Spiridón, según confirman los análisis de laboratorio. Esta manera de presentar la ropa, sencilla y un tanto en desacuerdo con las joyas y otros detalles de lujo, es frecuente; señalemos la figura, femenina que aparece en primer término en el “Retablo de los Apóstoles Tomás y Matías” de B. Van Orley, en el Museo de Historia del Arte de Viena.<sup>4</sup> La espada que aparece a los pies lleva una leyenda no legible cuya caligrafía es la de la fig. 6.<sup>5</sup>

#### SANTA MAGDALENA

El rostro ofrece un paralelo muy grande con el de “Virgen de la sopa de leche” de G. David, en los Museos Reales de Bellas Artes de Bruselas.<sup>6</sup> El vestido de cortesana tiene influencias renacentistas como en la Santa Elena de una tabla del mismo Museo, atribuida a B. Van Orley.<sup>7</sup> Un detalle que indica cierta libertad en la concepción, es el vaso de



Fig. 5. G. David: "Virgen entre la Vírgenes". Museo de Bellas Artes de Rouen (Francia).

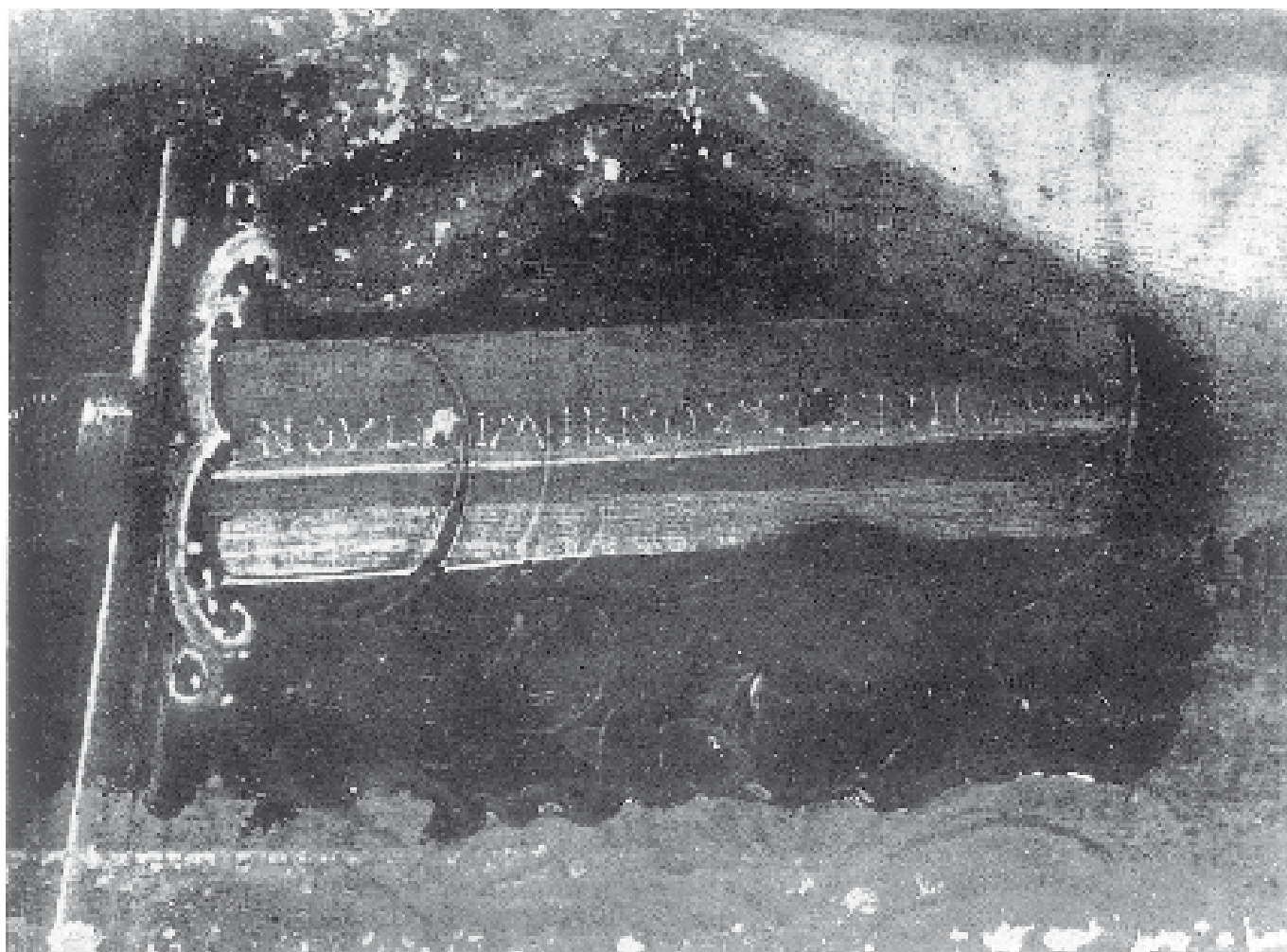


Fig. 6. Leyenda en la espada de Santa Catalina.



Fig. 7. "La Virgen y el Niño entronada con Santos". Colección Methuen. Inglaterra.

perfume abierto; generalmente está cerrado en las representaciones más clásicas. La decoración de este atributo es rica, menuda, como los elementos arquitectónicos y decorativos de la composición.

#### FIGURA MASCULINA

Como ya se ha dicho en párrafos anteriores, este personaje es de una identificación problemática. Se trata de un prototipo ya repetido por D. Bouts en la pintura sobre tela de la Nartonal Galtery (fig. 2). Considerando la muerte de este pintor que sucedió en 1475, no podemos plantear la hipótesis de que el autor de la tabla de Toro hubiese "retratado" a un personaje determinado, pues existe una diferencia de unos cuarenta y cinco años entre la ejecución de ambas obras. Se tratará probablemente de un tipo que incluyó nuestro pintor copiando el ya existente en el referido cuadro.

#### ELEMENTOS DECORATIVOS

Representan arquitecturas convencionales. La forma del tejado que aparece al fondo y las representaciones de Caín y Abel, son muy similares al mencionado retablo de los "Apóstoles Tomás y Matías" de B. Van Orley, así como otros detalles, representados dentro de una línea abigarrada de formas muy renacentistas. Mayores semejanzas tienen aún los elementos del trono de la Virgen con otros del tríptico de la "Adoración de los Magos", del Museo del Prado de Madrid, atribuido a un contemporáneo de aquel pintor, entre los años 1520-1525.<sup>8</sup>

#### LA MOSCA

Elemento que ha dado el nombre a la pintura. Existían dudas sobre su, verdadera identificación, pues el estado de conservación de las formas no es del todo satisfactorio. Algunas opiniones llegaron a suponer ingenuamente que se trataba de un resto de pintura o cosa parecida. Una réplica de la tabla de Toro, ha venido a esclarecer este problema. La obra es propiedad de la colección Methuen, en Corsham (Inglaterra), se denomina "La Virgen y el Niño entronada con Santos"<sup>9</sup> y en ella se aprecia claramente la mosca (fig. 7).

Este detalle es probablemente ornamental, como el batracio que aparece a los pies de la Virgen, aunque pueda admitirse, con las debidas reservas, una condición mágica.<sup>10</sup>

#### LAS FIRMAS

Dos son las que aparecen. Una, casi totalmente borrada, cuyos restos identifican una letra gótica con rasgos que pudiesen constituir la lectura de Fernando Gallego. Otra, grabada, con la clara lectura del pintor castellano (fig. 8). Ninguna de las dos concuerdan ni con el estilo de la pintura ni con las originales que aparecen en las obras de este artista, de trazos completamente distintos (fig. 9). Por tanto, ni estilísticamente ni caligráficamente pueden considerarse origi-

nales de aquel pintor, ni atribuibles a la parte original de la obra.

#### 4. CONCLUSIONES

La falta de documentación histórica no ha permitido reconstruir su historia material y sólo se pueden esclarecer algunos puntos esenciales, por un estudio arqueológico de sus elementos constitutivos, de sus caracteres estilísticos y con la base científica que nos proporciona los resultados obtenidos en el laboratorio. Sin éstos, el estudio se hubiese reducido a una serie de confrontaciones temáticas y de estilo, como los tantos ensayos que así se han realizado sobre esta excelente obra de arte.<sup>11</sup>

La investigación de cada uno de esos elementos en una obra de esta calidad, que por su carácter unitario permanecen estrechamente unidos en lo material, presupone su separación para efectuar los análisis y ensayos de laboratorio, los cuales determinarán el tratamiento de conservación o restauración que deba seguirse, lo que por otra parte contribuye además a la clasificación de la pintura.

La de la Colegiata de Toro nos ofrece una composición típicamente flamenca con paralelos en D. Bouts, G. David, J. Prevost y Van Orley. Esta confirmación, se ve fortalecida por los resultados obtenidos en el laboratorio sobre la técnica utilizada por el pintor, la cual está de acuerdo con las tradiciones flamencas de los siglos XV y XVI: Tomando como límite cronológico a Van Orley, podemos suponer que el autor de la pintura de Toro, fue contemporáneo o inmediatamente posterior a la época de su mayor producción (1518-1521), cuando trabajaba para la Gobernadora de los Países Bajos, Margarita de Austria. Esta cronología coincide también con la dada a la tabla de la colección Spiridón (1520), indudablemente influenciada por la de la Colegiata y; con el tríptico de la "Adoración

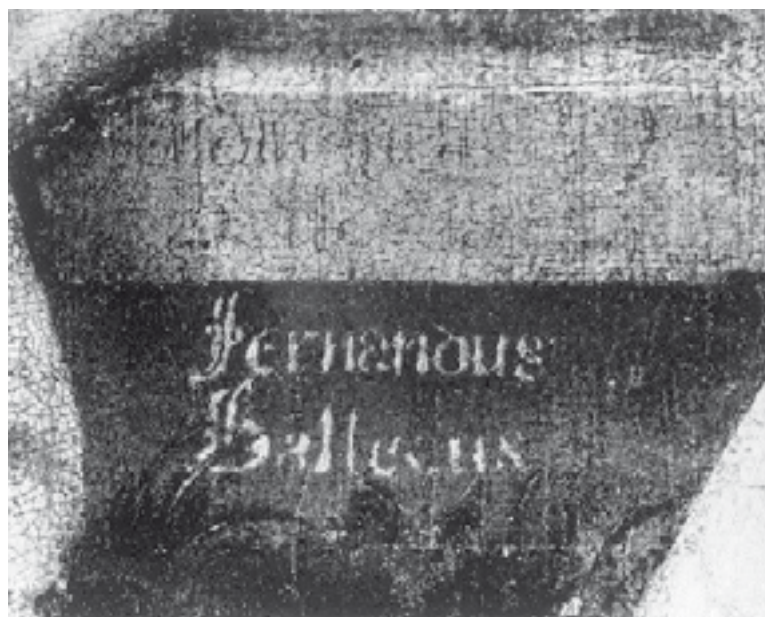


Fig. 8. La segunda firma en la que se lee "Fernandus Gallecus". En la parte superior una caligrafía más antigua, ilegible.

de los Magos" del Museo del Prado (1520-1525). Nos inclinamos pues por la cronología de 1518 a 1525.

Los trabajos con Rayos X, han permitido apreciar abundantes cambios de composición realizados durante la ejecución de la obra aunque ninguno de importancia singular. Con esta misma técnica y con fotografías con luz ultravioleta e infrarrojos se descubrieron una serie de repintes antiguos, casi coetáneos a la terminación de la pintura; éstos han esclarecido algunos problemas estilísticos y estéticos, los cuales se presentaron desde hace tiempo en torno a su atribución; unidos además al problema fundamental de las firmas que aparecen en la pintura.

Los repintes principales se muestran claramente en el traje azul y halo de la Virgen, vestido de Santa Catalina y en la Mosca, según los datos obtenidos en el laboratorio. Como hemos indicado anteriormente, el halo está sobre el cielo original, detalle interesante para situar cronológicamente la tabla de la colección Spiridón, cuyo autor lo reprodujo, necesariamente antes de realizarse el repinte

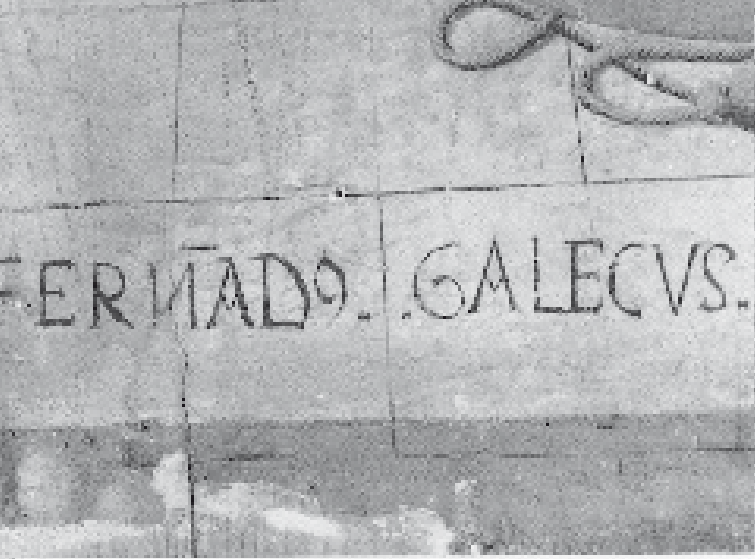


Fig. 9. Firmas de Fernando Gallego:  
 a) Zamora. Catedral. Retablo del Cardenal Mella.  
 b) Madrid. Museo del Prado. "La Piedad"  
 c) Salamanca. Catedral Vieja. Tríptico de la Virgen, S. Andrés y S. Cristóbal.

en la de Toro, cosa que sucede así mismo con el brocado que adorna el vestido de Santa Catalina. Podemos por tanto suponer que la pintura de la Colección se inspiró en la nuestra, antes de ser retocada. Lo contrario sucede con la tabla de la colección Methuen, réplica exacta en la que se reproducen, por consiguiente, todos los repintes de la de Toro, incluido el de la Mosca.

Partiendo de los puntos básicos de que la obra es flamenca, muy próxima a Van Orley e importada a España entre los años 1518-1525 de Flandes y con una firma apócrifa de un pintor que probablemente no vivía ya en estos años, se pueden hilvanar algunos datos históricos que nos llevan a las siguientes posibles consideraciones:

1.º) La tabla pudo llegar a España en estas fechas, entre uno de tantos lotes de pinturas flamencas que se enviaban desde Flandes.<sup>12</sup>

2.º) La tabla llegó en mal estado de conservación, pues según los informes de laboratorio, se aprecia una fuerte limpieza entre las capas originales y los repintes.

3.º) Se repintó por un allegado al pintor, ya fallecido seguramente, Fernando Gallego, cuya fama en esta región castellana, debía de ser entonces muy grande,<sup>13</sup> y a quien se quiso ingenuamente atribuir la obra.<sup>14</sup>

4.º) Se incluyó una firma, imitando una letra que se suponía de acuerdo con el lugar de procedencia de la tabla, y la cual borrada más adelante, se volvió a copiar, grabándola unos milímetros más abajo, y repitiendo la lectura de "Fernandus Gallecus".

## 5. LA CONSERVACIÓN Y LA RESTAURACIÓN DE LA OBRA

Los estudios preparatorios para la posible intervención en una obra de arte, pueden proporcionar resultados que en algunos casos son negativos, en cuanto a la conveniencia de realizar el tratamiento de conservación o una restauración preventiva.

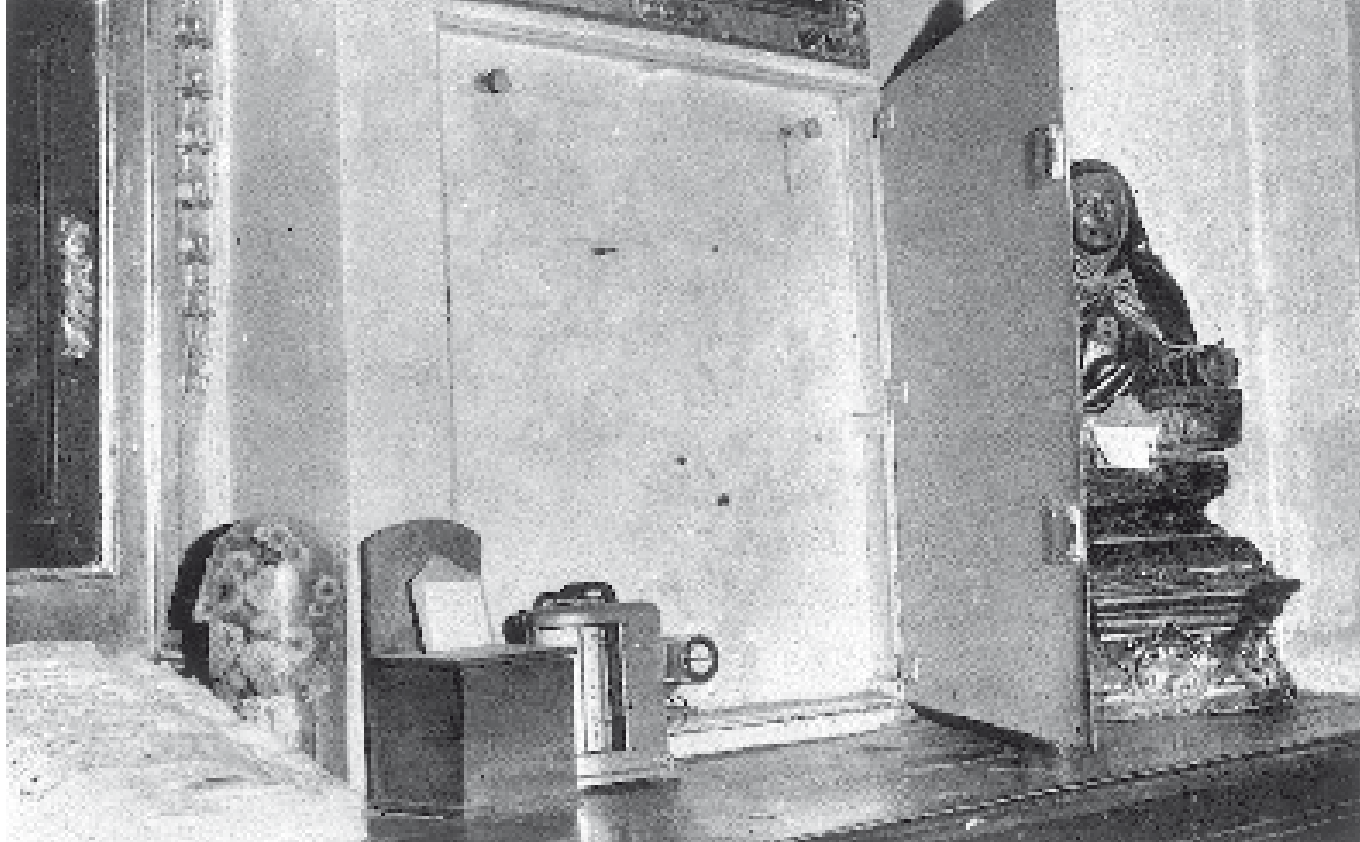


Fig. 10. Toma de medidas de humedad en la cámara donde estaba colocada la pintura.

En el caso de nuestra tabla, la restauración desde el punto de vista histórico no sería más que una consolidación y conservación del estado actual. Los repintes, desde el momento que son antiguos, también son un testimonio histórico, e igual que el original, tienen derecho a conservarse. Las mismas razones pueden darse para las firmas, cuya falsedad, no llevan consigo la falta de ese carácter.

Desde el estético, el planteamiento del problema de los repintes es completamente distinto. Algunos de ellos, especialmente los del vestido de Santa Catalina así como el halo de la Virgen, que oculta el velo primitivo, falsifican en cierto modo el original. Sin embargo, para su permanencia no restan particularidad a la obra, ni la alejan de la unidad histórica, especialmente por la relación firma-repinte, teniendo además otra cierta unidad estética por la intervención en ellos de un pintor muy cercano a Fernando Gallego, de indudable interés estético en la pintura española de los siglos XV y XVI. Así pues el criterio histórico se agranda por el mismo valor arqueológico de la pintura y el estético no exige tampoco el levantamiento de las partes no originales,

que son también antiguas e intrínsecamente ligadas a aquellas.

Desde el punto de vista físico-químico" intervienen como elementos importantes además de la capa pictórica, el soporte y el barniz, pero sus resultados son los mismos. (Ver capítulo siguiente.)

Considerados por lo tanto los tres criterios, llegamos a la conclusión final de que no es recomendable una restauración a fondo de la obra, sino un tratamiento ligero del soporte y la eliminación del barniz envejecido. Los repintes, especialmente los más antiguos, forman ya una unidad con la pintura, cuya parte anecdótica y popular, tanto debe a ellos.

Finalmente hemos de considerar el aspecto de su conservación futura. Esta dependerá de las condiciones climáticas que se le proporcione.

La pintura estaba instalada en un hueco de la pared de la sacristía, que tenía una puerta metálica como medida de seguridad. (Fig. 10), lo que producía sin duda un medio ambiente interior de abundante cantidad de humedad, ya que según se comprobó, el muro sobre el que se apoyaba la tenía inte-



Fig.11. La Virgen de la mosca, en radiografía.  
 Aparato Utilizado: Baltographe 5-50 kv. fabricado por Balteau, rue de Serbie, Liège (Belgica). Material sensible: Película clínica ultrarrápida Kodak 30 x 40.  
 Técnica operatoria. Tensión 20 kv, intensidad 5 mA; tiempo de exposición: 1'; revelador radiográfico: Kodak D-11; tiempo de revelado 2'.



Fig.12 Fotografía de la "Virgen de la mosca" en fluorescencia U.V. Iluminación: 4 lámparas ultravioleta de 125 w. fabricación Philips. Filtro ultravioleta colocado en el objetivo de la máquina. Material sensible: Ilford. Hp. 3. Técnica operatoria: tiempo de exposición, 30 minutos; revelador, Kodak D-76; tiempo de revelado, 10 minutos.

riormente. Esta alta proporción de humedad relativa del ambiente fue la causa de las alteraciones del soporte.

La media constante de humedad relativa de la sala no excede del 70 % según las mediciones efectuadas en los meses de enero a marzo con un termohigrómetro, que puede apreciarse en la misma figura. Esta cifra sobrepasa los límites de seguridad de H. R: (55 a 65 %) para la buena conservación de los soportes de madera. Por ello, representa un riesgo que deberá evitarse en el futuro, y procurar obtener en el lugar en que se instale, unas condiciones óptimas de seguridad, es decir un 58 % de H. R. con una temperatura

de 18° C. Es aconsejable por consiguiente instalar un medidor de humedades apropiado que controle la H. R. en las épocas de mayores cambios y deberá contarse con un aparato deshumidificador para casos en que la humedad relativa se eleve por encima de los límites de seguridad, y además con un sistema de ventilación adecuado. Por último habrá que tener en cuenta la colocación de la pintura para que la humedad de los muros, si existiese, no afecte al soporte.

Para asegurar una conservación duradera será necesario que se guarden con celo y constancia estas medidas.

Fig.16. L/93 I (684/15) Microfotografía con iluminación mixta 100 x: Azul del cielo en el paisaje sobre Santa Magdalena.

- 6.- Barniz resinoso
- 5.- Blanco de plomo, Azurita y Calcita; aglutinante oleaginoso. (40 a 65  $\mu$ )
- 4.- Blanco de plomo, negro animal y Bermellón; aglutinante oleaginoso. ( $\pm$  8  $\mu$ )
- 3.- Blanco de plomo con trazas de negro animal: aglutinante oleaginoso ( $\pm$  15  $\mu$ )
- 2.- Preparación impregnada en la parte superior con aceite secante: Calcita y cola animal ( $\pm$  90  $\mu$ )
- 1.- Soporte: corte tangencial de madera de roble (incompleta)

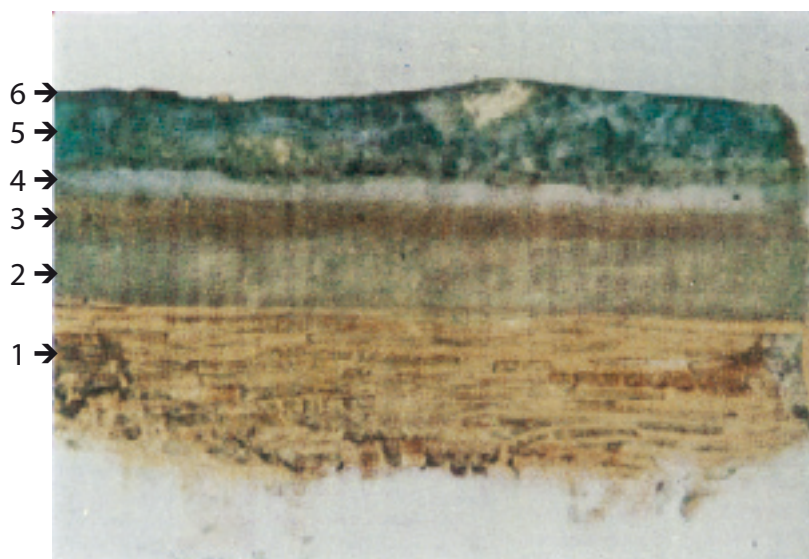
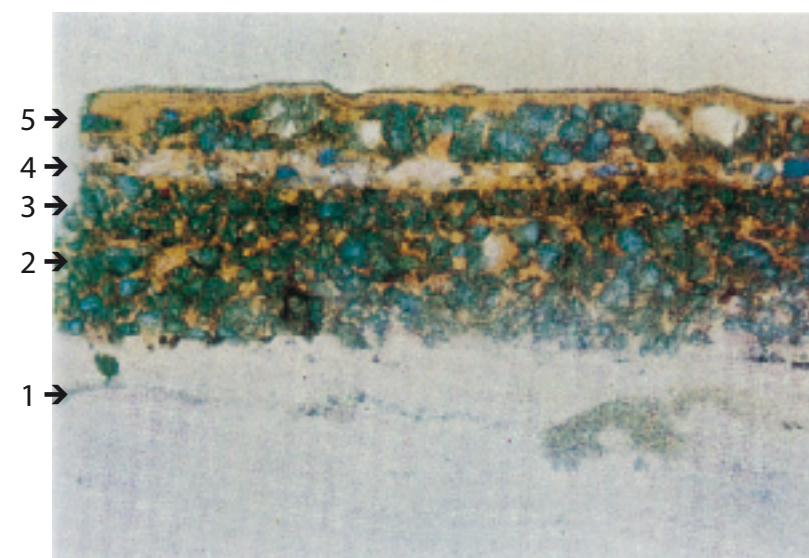


Fig.17. L/91 I (684/1) Microfotografía con iluminación mixta 120 x: Azul del vestido de la Virgen

- 5.- Barniz resinoso
- 4.- Azurita, Calcita y un poco de ocre; aglutinante oleaginoso ( $\pm$ 30  $\mu$ )
- 3.- Lapis-lazuli y calcita; aglutinante oleaginoso ( $\pm$ 10  $\mu$ )
- 2.- Azurita, bermellón, trazas de Calcita y un poco de negro animal en el límite inferior; aglutinante oleaginoso ( $\pm$ 150  $\mu$ )
- 1.- En la estratigrafía que sirvió para la preparación de esta lámina delgada (microfot. L/43 I que se conserva en los archivos se puede observar en esta zona la existencia de una capa de blanco de plomo con aglutinante oleaginoso ( $\pm$ 20 $\mu$ ) situada sobre la preparación a base de calcita y cola animal fuertemente impregnada con aceite secante (incompleta).



## 6. EXAMEN DE LABORATORIO

Para todos los objetos antiguos que entran en el laboratorio, la metodología del examen científico es generalmente la misma: determinar su naturaleza, composición y estructura, discernir entre el original y las adiciones posteriores, extraer la características particulares de la obra según el autor, la época y las influencias sufridas, investigando los factores objetivos que nos permitan situarles en el tiempo y en el espacio: En segundo lugar el laboratorio estudia las alteraciones, precisando las causas que han actuado y los

efectos resultantes, aplicando los conocimientos y experiencia adquiridos para desarrollar nuevos y mejores métodos de conservación y restauración.<sup>15</sup>

El presente caso no constituye una excepción y la metodología general le ha sido aplicada.

### ESTRUCTURA

Considerando los elementos básicos originales encontrados en el estudio de este cuadro antiguo, esquemizamos a continuación su estructura utilizando como referencia el corte estratigráfico en lámina delgada corres-



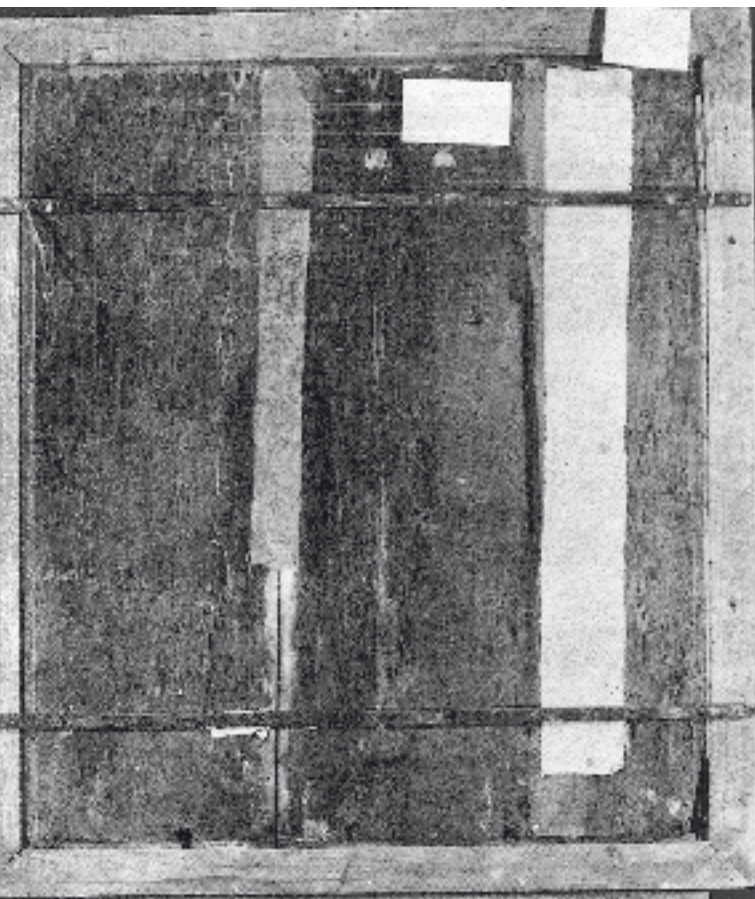
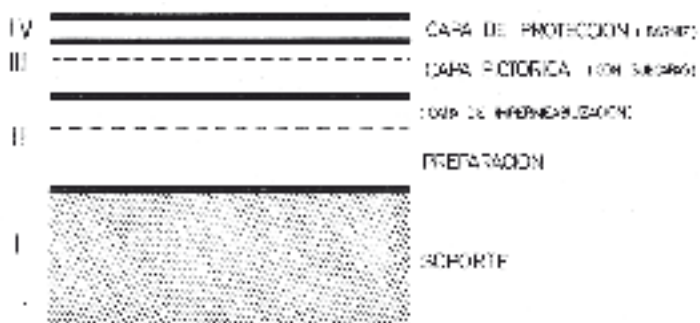


Fig.14. Fotografía del reverso: no presenta ninguna marca o signo distintivo.

pondiente al cielo del paisaje sobre Santa Magdalena (ver fig. 17) que por llevar adherido una brizna del soporte, contiene todos los elementos esenciales:

Analizaremos separadamente cada uno de ellos (fig.13).

### COMPOSICIÓN



### I. EL SOPORTE

El resultado más importante del análisis del soporte es el que determina la naturaleza de la madera empleada; el análisis microscópico<sup>16</sup> nos revela que todos los elementos originales<sup>17</sup> que lo componen son de madera de Roble<sup>18</sup> (figs. 15 y 17).

La visión directa y radiográfica nos permite establecer que son tres los elementos mayores que componen el soporte de la pintura, estando dispuestos en sentido vertical y cortados de tal forma que los radios medulares son paralelos a las caras de las planchas. Las juntas, perfectamente planas, están unidas con cola y reforzadas por cuatro clavijas embutidas en los cantos, talladas de forma que su eje mayor coincide con el sentido de crecimiento del árbol.

Las tres planchas, de una homogeneidad excelente, son ligeramente trapezoidales con una diferencia de medidas entre el ancho superior e inferior de 2,1 cms, estando colocadas de tal forma que se compensan dando un rectángulo prácticamente perfecto de dimensiones medias 78,6 x 92,9 + 0,1 cms., y un espesor que varía desde 2,2 cms, en el centro hasta 0,7 cms. en los bordes. En el reverso y siguiendo todo el contorno, existe un rebaje en escuadra de dimensiones bastante irregulares comprendidas entre los límites 0,4 a 1,5 x 0,8 a 1,5 centímetros.

Los desperfectos son numerosos y hay que destacar en primer lugar que están partidas las dos clavijas que reforzaban la unión de la plancha correspondiente a Sta. Catalina y el Donante, con el resto del cuadro; en esta plancha, también se observa en el borde inferior la falta de un fragmento de casi 4,5 cm<sup>2</sup> y una raspadura en el canto por el que estaba unida. En la plancha opuesta (Sta. Magdalena), la parte superior presenta una fisura de más de 28 cms. de longitud y en la esquina inferior falta un trozo triangular de unos 10 cm<sup>2</sup>.

La visión radiográfica nos demuestra que

la clavija situada bajo el manto rojo de la Virgen (justo al lado de los caracteres incisos FERNANDUS GALLECUS está partida y situados los trozos dentro de cada plancha a un nivel diferente,<sup>19</sup> la perfecta continuidad de los trazos pictóricos nos confirman que esta anomalía es anterior a la ejecución de la obra de arte. El que esta junta se haya mantenido en buen estado nos sitúa las clavijas en la misión de refuerzo.

## II. LA PREPARACIÓN

Es una capa blanquecina de espesor variable comprendido entre 100 y 160 micras, compuesta de Carbonato de Calcio como pigmento y cola animal como aglutinante; su parte superior se encuentra en todos los casos impregnada con aceite secante.<sup>20</sup> Su estado de conservación es bueno permaneciendo bien adherida al soporte

## III. LA CAPA PICTÓRICA

Compuesta siempre por varias subcapas, es difícil de interpretar pues en extensas zonas presenta cambios de composición, repintes y restauraciones. Basándonos en la radiografía y fotografía en fluorescencia U. V. hemos podido obtener muestras de las zonas que conservan la originalidad, llegando a las conclusiones siguientes: -Inmediatamente encima de la preparación y ocupando toda la extensión de la obra, constatamos la existencia de una capa densa de blanco de plomo con un aglutinante oleaginoso;<sup>21</sup> contiene trazas de otros pigmentos, generalmente negro animal y su espesor oscila entre 10 y 25 micras; sólo se alcanza el espesor de 40 micras en las muestras tomadas en la unión de las planchas que forman el soporte, presentándose también irregularidades en las otras capas.

Sobre ella, se ha podido identificar en varias ocasiones la presencia de una capa a base de negro animal ( $\pm 3 \mu$ ), que debe corresponder al dibujo que se realizara para

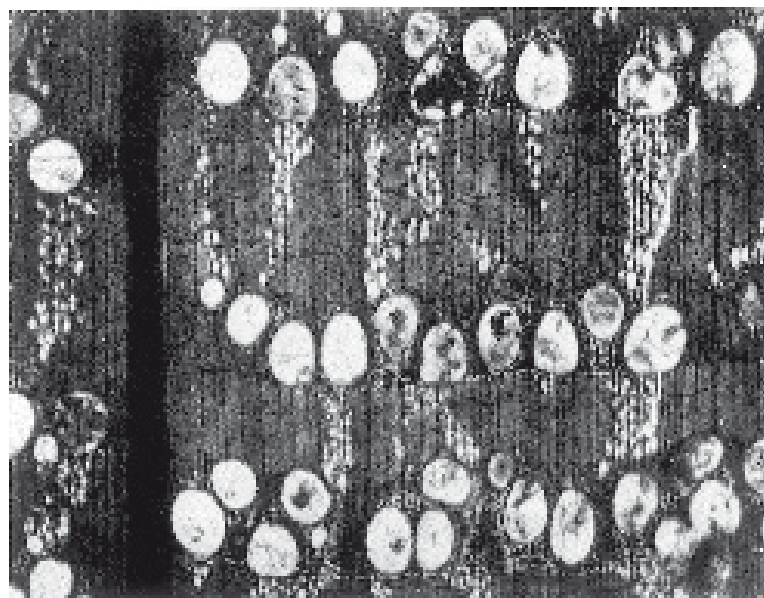


Fig.15. Microfotografía con luz transmitida 25X  
Corte transversal de la madera que junto con el tangencial de la Fig. 17, garantizan que se trata de Roble.  
Negativo: LQ(99-I (684).

la composición de la obra.

Rojos.-Estructura en dos o tres capas conteniendo granza, granza fijada,<sup>22</sup> bermellón (en muy pequeña cantidad) y blanco de plomo; aglutinante oleaginoso; espesores medios, entre 50 y 90 micras. Utilizando estos pigmentos<sup>23</sup> mezclados convenientemente para conseguir una mayor o menor translucidez de la capa, el artista obtiene el valor y la densidad buscados.

La estructura generalmente encontrada comporta tres capas coloreadas en rojo y distribuidas de la siguiente manera (ver fig. 19): una primera conteniendo mucho blanco de plomo y poca granza fijada, a continuación otra con mayor proporción en pigmento rojo y, finalmente, una capa translúcida de granza.<sup>24</sup> Dentro de los tonos claros, la estructura se simplifica pudiendo faltar una de las capas intermedias rosadas, la de mayor o la de menor contenido en pigmento rojo según el valor deseado.

AZULES.- En el vestido de la Virgen (ver fig.

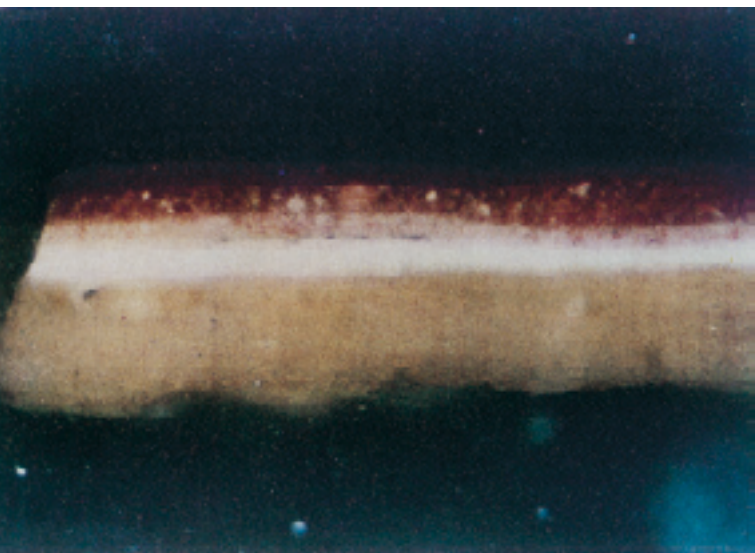


Fig.18. L/36 I (684/2) Microfotografía en reflexión 10 x: Rojo sombra del manto de la Virgen

- 6.- Barniz resinoso
- 5.- Granza. ( $\pm 15 \mu$ )
- 4.- Granza fijada, blanco de plomo y trazas de Bermellón; aglutinante oleaginoso ( $\pm 25 \mu$ )
- 3.- Blanco de plomo y granza fijada; aglutinante oleaginoso ( $\pm 20 \mu$ )
- 2.- Blanco de plomo con aglutinante oleaginoso ( $\pm 25 \mu$ ) En la parte superior se observa una línea a base de negro animal.
- 1.- Preparación impregnada en su totalidad con aceite secante: Calcita y cola animal ( $\pm 100 \mu$ )

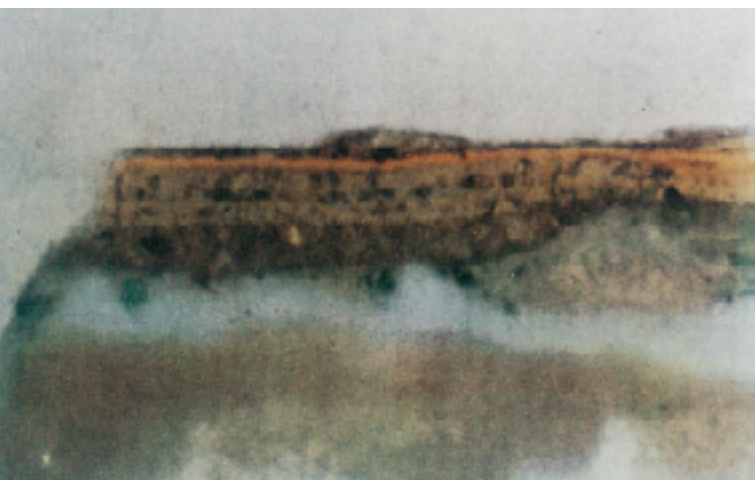


Fig.19. L/94 I (684/9) Microfotografía con iluminación mixta 120 x: verde oscuro del manto de Sta. Magdalena.

- 6.- Depósito de mugre.
- 5.- Barniz resinoso. ( $\pm 5 \mu$ )
- 4.- Resinato de cobre, malaquita (centrada en la capa) y trazas de ¿ocre? ( $\pm 20 \mu$ )
- 3.- Malaquita, Blanco de plomo y bermellón; aglutinante oleaginoso ( $\pm 20 \mu$ )
- 2.- Blanco de plomo conteniendo en la parte superior Azurita, Ocre y negro animal (¿subcapa?); aglutinante oleaginoso (20 a 40  $\mu$ ) (La inclusión es de Calcita).
- 1.- Preparación impregnada en su totalidad con aceite secante: Calcita y cola animal ( $< 100 \mu$ )

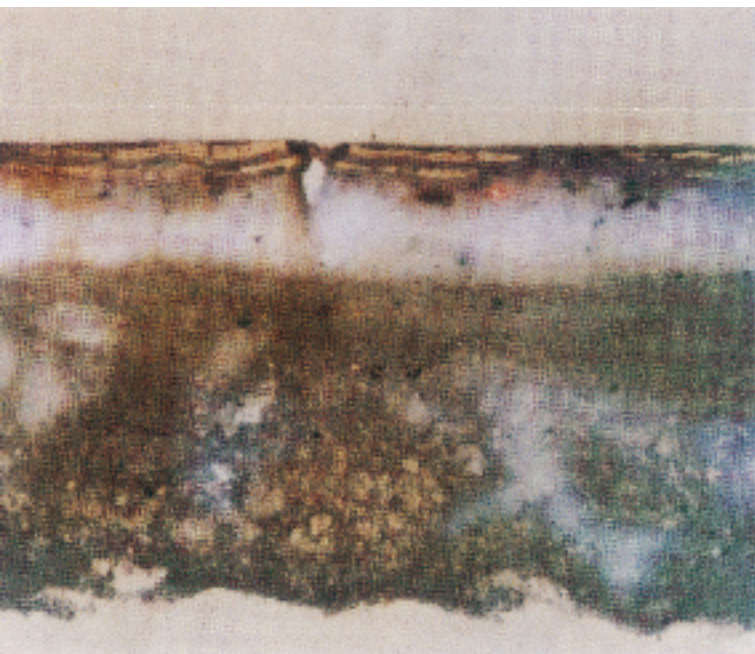


Fig.20. L/103 I (684/3) Microfotografía con iluminación mixta 100 x: repinte en la pierna del Niño

- 1 y 2.- Preparación y capa de blanco de plomo, como en las anteriores estratigrafías.
- 3.- Blanco de plomo, granza fijada y un poco de negro animal. Espesor aproximado: 8 micras.
- 4.- Barniz: espesor de  $\pm 4 \mu$
- 5.- Blanco de plomo, bermellón y un poco de negro animal. Espesor aproximado: 8 micras.
- 6.- Barniz resinoso moderno.

Fig.21. L/102 I (684/4) Microfotografía con iluminación mixta 320 x: manto de la Virgen (verdoso) bajo el pie del Niño.

1 a 5.- Estructura normal, con el nº 4 señalamos una acumulación de aglutinante entre dos capas pictóricas.

6.- Barniz: espesor de 7 micras.

7.- Repinte: espesor de 24 micras. Pigmentos antiguos y aglutinante oleaginoso poco envejecido.

- 7 →
- 6 →
- 5 →
- 4 →
- 3 →
- 2 →
- 1 →

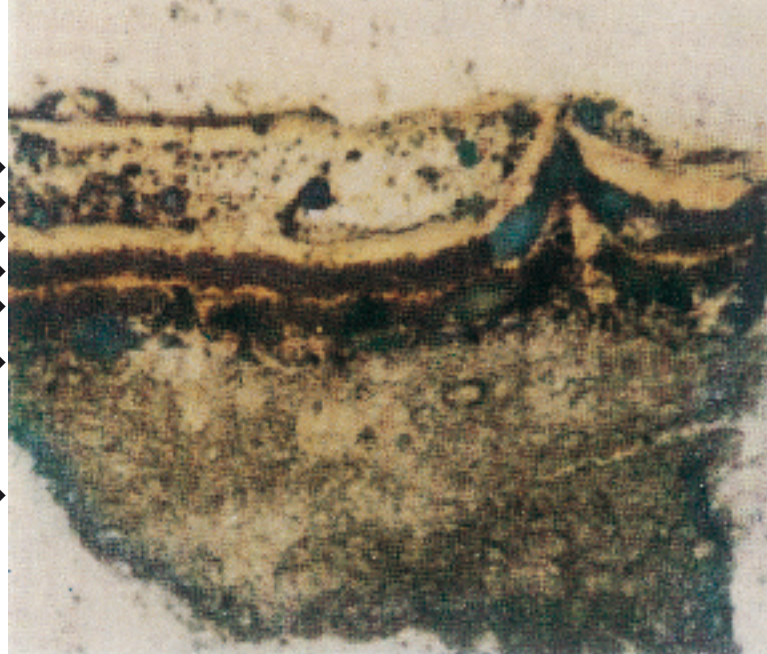


Fig.22. L/92 I (684/8) Microfotografía con iluminación mixta 240 x: Estratigrafía de la mosca

1, 2 y 3.- Estructura clásica.

4.- Barniz: espesor comprendido entre 3 y 7 micras.

5.- Calcita, ocre y negro animal con aglutinante resinoso muy oscurecido; espesor comprendido entre 5 y 14 micras.

- 5 →
- 4 →
- 3 →
- 2 →
- 1 →

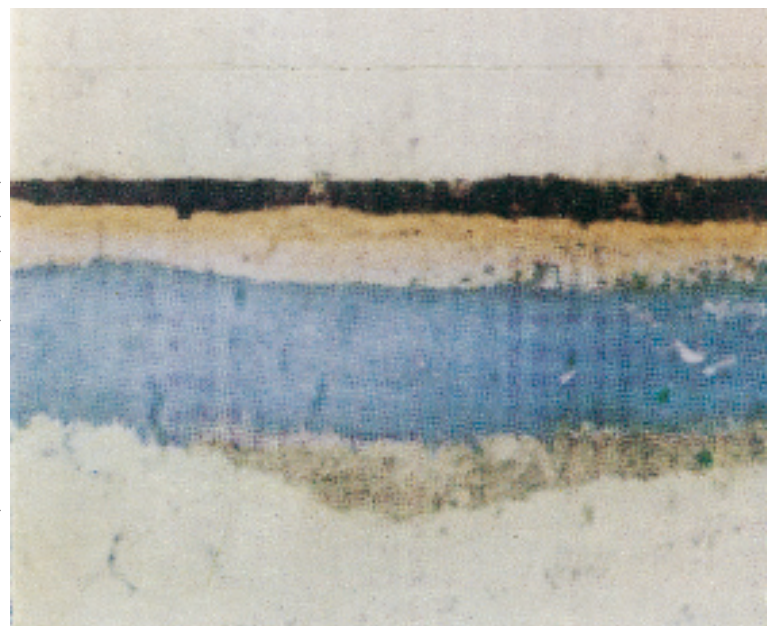


Fig.23. L/105 I (684/7) Microfotografía con iluminación mixta 100 x: Aureola de la Virgen

Sobre la estructura normal 1 a 5 y empleando como base una capa de "bol" (silicato complejo de aluminio y hierro) con espesores hasta 70 micras, la aureola se consigue con escamas de oro de espesor inferior a los 2 µ. La capa original nº 5 acusa los efectos de una fuerte limpieza.

- 7 →
- 6 →
- 5 →
- 4 →
- 3 →
- 2 →
- 1 →

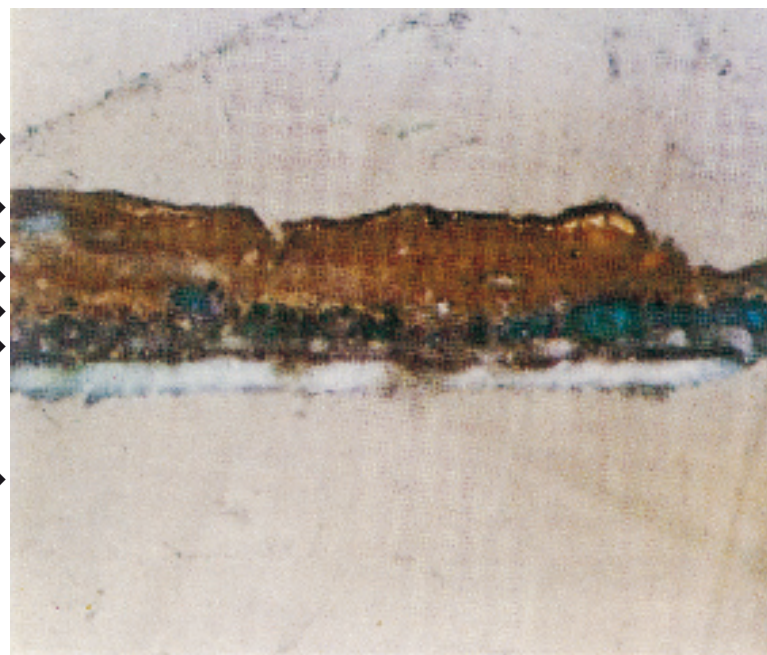




Fig. 16. Radiografía parcial realizada como se indica para la fig. 11. En la mano de la Virgen, que sostiene la pera, se observa una modificación en la posición de los dedos. La decoración del vaso con pigmento amarillo, produce zonas de mayor absorción en la radiografía, debido a su composición a base de plomo. La gran diferencia entre los blancos y los verdes del vestido de Sta. Magdalena, se explica por pigmentos de plomo y ocre respectivamente. La disposición indicada para las fibras de la madera al estudiar el soporte, se ve claramente en profundidad. La unión de las dos planchas de madera aparece con claridad, debido a un mayor depósito de pigmentos en la junta, así como la clavija de refuerzo a la altura del vaso de perfume. Sobre casi toda la superficie de este documento se observan finas rayas entrelazadas, posiblemente debidas a una limpieza muy enérgica que afectó profundamente a las capas de pintura.

18) existen tres capas, todas ellas a base de un aglutinante oleaginoso: la inferior contiene azurita, blanco de plomo y un poco de bermellón, la segunda es una capa translúcida construida con lapis-lazuli (también llamado ultramarino natural), y la tercera conteniendo azurita y un poco de ocre; los espesores medidos alcanzan un valor de hasta 160 micras para las dos capas primeras<sup>25</sup> y de  $\pm 30 \mu$  para la tercera.<sup>26</sup> En otros casos -vestido de

Sta. Catalina- encontramos una sola capa a base de azurita y blanco de plomo con o sin adición de bermellón (espesores de hasta  $65 \mu$ ) y, en el cielo (ver fig. 17) la capa azul, de idéntica composición, está situada sobre una fina capa gris-rojiza ( $\pm 10 \mu$ ) a base de blanco de plomo, negro animal y bermellón, correspondiente a la arquitectura que continúa bajo el paisaje.

VERDES.-Los correspondientes a la vegetación, en los paisajes de la parte superior, están contruidos sobre el cielo (véase azules) por simple adición de una nueva capa conteniendo malaquita" azurita y ocre con aglutinante oleaginoso; los espesores medidos para esta capa alcanzan el valor de hasta 70 micras lo que junto con el espesor debido a la estructura normal subyacente suman un total de  $\pm 125$  micras, que sitúan estas zonas, en cuanto al relieve, entre los rojos y los azules del vestido de la Virgen.

En la vegetación situada al pie del cuadro, la composición es más simple y comporta una capa gris-verdosa ( $\pm 15 \mu$ ) a base de blanco de plomo, negro animal y más o menos cantidad de malaquita con aglutinante oleaginoso, a la que se superpone, sólo en los trazos más intensos, una capa translúcida ( $\pm 15 \mu$ ) de resinato de cobre con un poco de óxido doble de plomo y estaño, pigmento amarillo que calienta considerablemente el tono crudo debido al colorante orgánico de cobre.<sup>27</sup>

Para los vestidos (ver fig. 20) de los personajes (Sta. Magdalena y el Donante) encontramos dos, capas verdes de diferente composición: una profunda a base de malaquita finamente dividida, blanco de plomo, un poco de pigmento rojo y aglutinante oleaginoso ( $\pm 20 \mu$ ) sobre la que se construye otra translúcida, aparentemente en diversos estratos, a base de resinato de cobre con probable adición de pigmento amarillo, siendo el espesor de hasta 20 micras.

AMARILLO.-Empleado en ornamentos y

decoraciones, corresponde al óxido doble de plomo y estaño con aglutinante oleaginoso y está siempre colocado sobre el tono de fondo que corresponda según la zona del cuadro. La presencia de este pigmento da zonas de mayor absorción en la radiografía (ver figs. 11 y 16).

**MARRONES.**-En una o dos capas a base de ocre, contienen a veces un poco de azurita, granza y negro animal; el aglutinante es siempre oleaginoso y los espesores medidos oscilan entre 20 y 35 micras.

**GRISES y CARNACIONES.**-Partiendo del blanco de plomo, como sustancia mineral básica, se consiguen los tonos grises por adición de negro animal y las encarnaduras con un poco de bermellón, granza y muy pequeña proporción de azurita (ver fig. 21), generalmente en una sola capa con aglutinante oleaginoso y un espesor de hasta 30 micras. El blanco puro no existe.

**NEGRO.**-Siempre negro animal<sup>28</sup> con aglutinante oleaginoso, se emplea en decoraciones sobre la estructura normal subyacente; espesor de la capa  $\pm$  25 micras.

#### LA CAPA DE PROTECCIÓN

De un espesor comprendido entre 3 y 15 micras se compone de una o varias capas de barniz moderno a base de resinas naturales. Está muy oscurecida y cuarteada, impidiendo ver con claridad los detalles y el verdadero color de la pintura.

#### MATERIALES ORIGINALES Y TÉCNICA PICTÓRICA

##### Soporte

Madera de roble trabajada con muy buena técnica.

##### Preparación

Carbonato de calcio y cola animal; impermeabilizada en la superficie con aceite secante.

##### Capa pictórica

a) Aglutinante.-Exceptuando el resinato de cobre, en todos los demás casos es oleaginoso incluso en la capa semitranslúcida de lapislazuli que cubre el vestido azul de la Virgen.

##### b) Materias colorantes.

Rojo: Granza, granza fijada, bermellón y ocre.

Azul: Azurita y lapislazuli.<sup>29</sup>

Verde: Malaquita (con mezcla de azurita) y resinato de cobre. Amarillo: Oxido doble de plomo y estaño.

Marrón: Ocre.

Blanco: Blanco de plomo.

Negro: Negro animal.

Las capas opacas se encuentran en profundidad y las innumerables sutilezas cromáticas que el ojo capta, resultan de una luz diversamente tintada a partir de su reflexión en la superficie de estas capas opacas y de su transmisión a través de las superiores coloreadas, más o menos translúcidas.

#### Cambios de composición

El índice de refracción del aceite secante crece con la edad, aumentando gradualmente la translucidez de las capas pictóricas antiguas al aceite. Con la edad, por tanto, aumenta la transparencia de una pintura al óleo y cuando a esta condición se suma la existencia de una capa profunda que refleje una luz de aproximadamente 8000 Angstrom de longitud de onda, se hacen visibles los cambios de composición que el artista introdujo en la obra durante el curso de su elaboración; este fenómeno, que se llama de "pentimento", aparece claramente en el pulgar de la mano izquierda de Sta. Catalina (fig. 25). Otros cambios de composición, tales como la modificación exis-

tente en el vestido de Sta. Catalina a la altura del pecho, o, en la arquitectura junto a la cabeza de Santa Magdalena, o, en la mano derecha de la Virgen en la que la posición de los dedos que sostienen la fruta ha sido modificada, no se han hecho transparentes a la luz normal, pero pueden apreciarse con exactitud en la radiografía de la fig. 11.

## REPINTES Y RESTAURACIONES

Las diferencias en la ejecución que se desprenden de la estructura material, confirman y precisan el diagnóstico estilístico de que esta obra ha sido objeto de una intervención importante, pues las diferencias de estructura acusadas por la radiografía y las superposiciones probadas por las estratigrafías suministran resultados convergentes.

Vemos en primer lugar, que la pintura original ha sufrido una limpieza enérgica cuyas consecuencias se han manifestado sobre casi toda la extensión de la obra; después se observan con claridad las anomalías siguientes: en el vestido azul de la Virgen, una capa de azurita se superpone a la estructura clásica flamenca (ver fig. 18); el mismo fenómeno se repite en la aureola situada sobre la cabeza de la Virgen que cubre a un velo de tono gris azulado (ver fig. 24) y, también en casi todo el vestido de Sta. Catalina que demuestra una técnica rápida e imperfecta en desacuerdo con el resto de la obra; el caso de la "mosca" retiene también nuestra atención por su especial significado en este cuadro antiguo, y el corte estratigráfico en lámina delgada de la fig. 23 nos garantiza que la "mosca" por estar situada sobre una capa de barniz es una adición posterior a la obra original. De todas formas sería ingenuo pretender localizar matemáticamente todas estos repintes, que en la mayor parte de los casos están perfectamente integrados con el original y, tanto por los materiales empleados como por la solubilidad del aglutinante

y el cuarteado de la capa pictórica, pueden ser considerados como "de época".<sup>30</sup> Otras pequeñas intervenciones bastante modernas<sup>31</sup> son fácilmente detectables con ayuda de la fotografía en fluorescencia ultravioleta, en donde aparecen como manchas más oscuras (ver fig. 12):<sup>32</sup> los existentes en la cara de la Virgen, en la cara y las piernas del Niño (ver fig. 21) y en el cuello de Sta. Catalina, están situados sobre una capa de barniz y, si bien los pigmentos empleados son los mismos que antiguamente, el espesor de la capa es unas veces desproporcionado con la estructura normal (ver fig. 22) y en todos los casos la fácil solubilización del aglutinante nos indica que su ejecución es relativamente reciente. A esta misma época podemos atribuir las restauraciones más profundas hechas con blanco de plomo que se destacan como manchas blancas en la radiografía de la fig. 11 (en la pierna derecha de la Virgen, esquina inferior izquierda en la vegetación al pie del cuadro y en la misma línea vertical un poco más arriba) y que por no estar aún cuarteada la pintura, nos confirman que la edad es inferior a cien años, fecha en que empieza el cuarteado primario. Las bandas de tela pegadas sobre las juntas en el reverso, pueden también pertenecer a esta misma intervención, pues el tejido es de máquina.

## CONCLUSIÓN

La estructura y composición<sup>33</sup> de las capas originales del cuadro denominado "Virgen de la mosca" están de acuerdo con las tradicionales de la técnica flamenca del siglo xv<sup>34</sup> de las que sólo se aparta por el hecho de que en el manto azul de la Virgen, bajo un repinte de azurita, encontramos la capa semitranslúcida de lapis lazuli pero con aglutinante "oleaginoso" y no "acuoso" como era clásico en la técnica flamenca de este siglo; su significación exacta se nos escapa por el momento.<sup>35</sup>

Se observan diferencias claras con las

obras de Fernando Gallego de los retablos de la Catedral de Zamora y de la Iglesia Parroquial de Arcenillas (Zamora), que se están estudiando paralelamente.

La pintura, por ocupar toda la superficie del soporte, nos indica que se realizó sin marco. Los numerosos cambios de composición existentes la sitúan como obra original.

Los repintes antiguos, que afectan una gran extensión, fueron realizados poco tiempo después de la ejecución de la obra.

Una intervención más reducida se ha efectuado hace menos de cien años.

La mosca, que da nombre al cuadro, es un repinte antiguo.

## LAS ALTERACIONES

### EL SOPORTE

El elemento que influye de forma más decisiva en la conservación de una pintura sobre madera es indiscutiblemente el soporte. En el caso presente se puede decir que la madera, de roble, está bastante sana en cuanto a la sustancia que la constituye. Las degradaciones que presenta son imputables a causas muy diversas, entre las que conviene remarcar las debidas a golpes violentos que han llegado a romper trozos en las esquinas y otros lugares, dividiendo la tabla en dos partes por rotura de las clavijas que refuerzan una de las uniones. En lo que respecta a otros factores, la única deformación apreciable es una pequeña curvatura (8 mm. de flecha) que deja la pintura en la superficie convexa lo que hace más pequeño el riesgo de formación de ampollas. La contracción del reverso por formación de una película de madera envejecida (mecanismo que los anglosajones llaman de "compression-shrinkage",<sup>36</sup> es la causa de esta deformación permanente, de poca importancia en nuestro caso, por haber sido cortada la madera exactamente en el sentido radial del tronco del árbol.

La grieta, de casi 28 cms. de longitud,



Fig. 25 Fotografía con luz normal, detalle de las manos de Sta. Catalina y del libro que sostiene en sus rodillas. "El fenómeno de Pentimento aparece en el dedo pulgar de la mano izquierda".

existente en la parte superior izquierda del cuadro, debe ser fijada, así como la plancha de madera suelta en la que las clavijas rotas de madera de roble deben ser reemplazadas por otras idénticas nuevas. Los pequeños trozos de madera que faltan en las esquinas del cuadro, si se quieren reponer, deberán ser de madera poco densa a fin de que el movimiento, que puedan experimentar ante los cambios en la humedad relativa del ambiente, sea mínimo.

En lo que respecta a la pequeña curvatura de las tablas, debemos repetir que, en nada afecta a la buena conservación de la obra. Desde ningún punto de vista sería aceptable la idea de rebajar el espesor de la madera y adaptar un "embarrotado" al reverso; las razones son muy numerosas, pero bástenos el saber que con ello eliminaríamos esa fina capa "envejecida" con que la madera se ha revestido, autoprotegiéndose con el transcurso de los años, dejando al descubierto la parte



interna que, si bien es de madera vieja, no lo es mucho en cuanto al movimiento que experimentaríamos con los cambios en la humedad relativa del ambiente; además, es también sabido que, una tabla es más deformable cuanto más delgada es, sólo que la tensión que desarrolla es menor y, por tanto, se retiene más fácilmente con un "embarrotado". El mismo procedimiento pero acompañado de una impermeabilización del reverso con cera, cera-parafina o productos similares, que presentan una barrera más o menos infranqueable a los intercambios de humedad entre la madera y el aire, tampoco lo creemos recomendable, pues en nada mejora la situación actual que se ha demostrado como muy estable y si podría suponer una rigidez excesiva de consecuencias deplorables para la obra; lo mismo sucede con los tratamientos a base de productos más afines que el agua para los grupos -OH libres de las moléculas de celulosa, como, por ejemplo, la "goma laca" sola o mezclada con productos tales que el polvo de piedra pómez, técnica muy extendida en este tipo de tratamientos, pues esta resina es la que mejor conviene a la celulosa por contener grupos hidroxilo.

Desde el punto de vista de la conservación de la obra, el laboratorio recomienda no modificar esta pequeñísima deformación, pero como estamos persuadidos de que otros puntos de vista, diferentes e igualmente importantes, pueden oponerse al nuestro, proponemos a continuación como más aceptable un tratamiento basado en la plasticidad de la madera que, respetando todo lo que de bueno ha dejado en ella el paso del tiempo, permitirá dejar plano el soporte de la pintura.<sup>37</sup>

La madera, material anisótropo y plástico, bajo la acción de una fuerza próxima a la de ruptura y sometida a varios ciclos de humidificación y deshumidificación, se deforma permanentemente; esta fuerza (R) se calcula en función de las dimensiones de la tabla y de

un módulo (N) que basado en el módulo de elasticidad de Young tiene cuenta del grado de humedad de la madera y otros factores:

$$R = N \times \frac{2 \cdot b \cdot h^2}{3 \cdot L} \approx 177 \text{ Kp.}$$

siendo  
 b = longitud = 92,9 cm.  
 h = esp. med. = 1,5 cm.  
 L = anchura = 78,6 cm.  
 humedad de la madera = 10 %  
 N = módulo = 100 Kp/cm<sup>2</sup>.

el límite de elasticidad (P) lo calculamos en nuestro caso como los 2/3 de R; P = 118 Kp, y representa la fuerza que debe aplicarse en el centro de la cara convexa, mientras que el reverso se somete a ciclos de humidificación (con una esponja mojada en agua) y secado (en corriente de aire a t = 25°C Y Hr = 40 %).

#### LA CAPA PICTÓRICA

Sin duda, la historia de esta obra está sembrada de múltiples incidentes, pero como la mayor parte de esas intervenciones se remontan a siglos, un estado de equilibrio se ha formado poco a poco, y hoy día, por estar integrados perfectamente los repintes antiguos con el original, no suponen ningún peligro para la buena conservación de la obra. Los pequeños retoques, más recientes, sí pueden, por el contrario, afectar al equilibrio de las capas más profundas por la tensión que ejercerán durante el curso de su envejecimiento.

#### EL BARNIZ

Si consideramos que esta última capa debe cumplir una misión protectora y estética y que con el paso del tiempo, al alterarse, deja de satisfacer ambas exigencias parcial o totalmente, poniendo además en peligro las capas de pintura a las que arrastra en su degradación, debemos aceptar el punto de vista de las principales autoridades en esta materia (UNESCO, ICOM, y los más eminentes especialistas) que recomiendan eliminar

el barniz envejecido, no permitiendo que una falsa interpretación de conceptos nos lleve a desfigurar la justa interpretación y valoración de la palabra "pátina".<sup>38</sup> El laboratorio, que tiende ante todo a la buena conservación de la obra, pero que sabe también de las exigen-

cias estéticas, recomienda en el caso presente (y en la mayor parte de los casos) una eliminación parcial del barniz, pues conciliando ambos factores obtenemos un máximo para el "respeto a la obra de arte". ■

## NOTAS

1 De todas las identificaciones que han hecho los diversos comentaristas y estudiosos de la tabla (San Andrés, San Cristóbal, San José, etc.), la que nos parece más acertada es la de San José, a pesar del libro en las manos y el sentido intelectual que le proporcionan las gafas.

2 N.O 664 del Catálogo "Early Netherlandisch" 1945.

3 Sarnlung T. Spiridon. Paris 1929. P. Cassirer-H. Helbing. 0'66 x 0'52 mts.

4 L. Van Puyvelde, "Les primitifs flamands" Bruxelles 1964, pág. 169.

5 Así la dio Gómez Moreno en el Catálogo Monumental de Zamora, 1927;-T.º 11, pág. 215.

6 Puyvelde, o. c., pág. 148.

7 Puyvelde, o. c., pág. 165.

8 "Les primitifs flamands". Repertoire des peintures flamands des quinzieme et seizieme siecles.

Amberes, 1953, pág. Ú. Lám. V.

9 Panel de 0'94 x 0'74 mts. Ref. Dr. Borenus, n.º 123 del Catálogo.

10 A. Pigler "La mouche peinte: un talisman", Bull. du Musée Hongrois des Beaux Arts, Budapest, n.º 24, 1964.

11 Una bibliografía resumida, está en la obra de - F. Casas y Ruiz del Arbol, "La Colegiata", de "Monumentos Artísticos de Toro", S. Sebastián 1950.

12 Recordemos que Doña Margarita de Austria, trajo como dote a España para su casamiento con el Infante Don Juan, un lote de pinturas flamencas; que, Van Orley figuró entre otros como pintor de la Corte durante el Gobierno de los Países Bajos y que, es de suponer que esta corriente de envíos no se interrumpiera en bastantes años.

13 Los repintes principales, incluyen la popular mosca, como ya hemos indicado. A este respecto y como nota bibliográfica sobre la cronología en que estos insectos aparecen en las pinturas flamencas e italianas, así como sobre su significado, puede consultarse el trabajo antes mencionado de A. Pigler.

14 En el laboratorio se ha comprobado en muestras

tomadas de los retablos de la Catedral de Zamora y Arcenillas, actualmente en el I. C. C. R. las diferencias técnicas entre Fernando Gallego y el autor de la tabla de la Colegiata.

15 Estas pocas líneas son el esquema de cómo enfocamos los numerosos problemas que plantean el estudio, la alteración, la conservación y la restauración de las obras de arte antiguas; la publicación de Mr. Paul Córémans, cuya referencia damos más abajo profundiza en el tema y suministra una lista bibliográfica amplia que guiará al lector en investigaciones más especializadas.

COREMANS, P.: "Le laboratoire et sa mission", en Unesco-Musées et Monuments IX. "L'organisation des musées. Conseils pratiques: Paris. (1959). Págs. 101-106 y figs. 3-32

16 GREGUSS, Pál.: "Holzanatomie der Europäischen Laubholzer und Straucher". Akadémiai Kiado. Budapest (1959) 330 págs y 303 láminas. TJADEN, M. E. H.: "Microscopisch Onderzoek van Hout". UITGAVE VAN L. J. VEEN. Amsterdam (1919).

17 Tanto el marco de pino (Pinus) como las bandas de tela pegadas en las uniones para reforzarlas (fibras de lino torcidas en sentido Z tanto en los hilos de la trama como de la urdimbre que son sencillos y están tejidos en un cruzado simple de densidad media 13 x 12 hilos / cm<sup>2</sup>), por ser modernos no tienen nada que ver con la obra original (ver fig.14).

18 Es necesario señalar que en algunos libros importantes (ej. MAX DOERNER "Los materiales de pintura y su empleo en el arte", Edit. Reverté, S. A. (1965). Edición española traducida de la 11ª alemana), se traduce por encima lo que debiera llamarse roble, con lo que se cae en el error de creer que los soportes de madera en los cuadros antiguos de las escuelas del Norte tenían algo que ver con esta especie de Alsina propia y típica de la climax mediterránea. Las especies europeas del género Quercus se pueden dividir en dos grupos: Robles y Alsinas.

- entre los Robles. (francés: chene; inglés: oak; holandés: eik; alemán: eiche), especies caducifolias, nos interesan especialmente la *Quercus Robur* o *Quercus Pedunculata* y la *Quercus Sessiliflora*, cuya diferenciación anatómica es prácticamente imposible en las micromuestras usualmente tomadas de una obra de arte.

- de las Alsinas (perennifolias) la única que nos interesa es la *Quercus Ilex*, llamada vulgarmente "Alsina", "Encina", "Chaparra" ("Yeuse" en francés; en Inglaterra y Centro Europa no vive y carece de nombre vulgar), que presenta diferencias anatómicas con los Robles para diferenciarlos.

19 Este hecho hemos podido observarlo con relativa frecuencia en los documentos radiográficos, correspondientes a obras de la Escuela Flamenca de los siglos XV y XVI, que se conservan en el Institut Royal du Patrimoine Artistique (Bruselas) y también en la correspondiente al "Descendimiento de la Cruz" de Rubens, que revela la anomalía en distintos sectores.

20 La translucidez que se observa en esta zona de la preparación, impermeabilizada con aceite secante, es debida a la similitud entre los índices de refracción del aceite y de la calcita.

21 Denominamos al aglutinante "oleaginoso" puesto que no se trata sola y exclusivamente de aceite secante, sino de aceite secante + una sustancia X que, a nuestro parecer y de acuerdo con COREMANS, P., GETTENS, R. J., y THISSEN, J. (en "Studies in Conservation", t. 1, (1952), pág. 2), es un compuesto resinoso.

22 La laca de granza (rojo carmín) se absorbe sobre cristales de Calcita dando una especie de pigmento rojo muy empleado en las escuelas antiguas.

23 En la radiografía se comprueba que estas zonas son muy absorbentes de los rayos X, fenómeno que se justifica por la presencia de pigmentos que contienen los cationes de plomo ( $Pb^{2+}$ ) y de mercurio ( $Hg^{2+}$ ) cuyo peso atómico es muy elevado; si bien, como ya se ha dicho, el bermellón ( $SHg$ ) está presente en muy escasa cantidad, el blanco de plomo ( $2CO_3Pb.Pb(OH)_2$ ) por el contrario es la sustancia básica de tres capas superpuestas que alcanzan, en conjunto, espesores de hasta  $70 \mu$ .

24 Puesto que la granza tiene escaso poder colorante, para intensificar el color en las sombras se han de aplicar muchas capas de esta laca, con lo que, en estas zonas, el rojo adquiere un gran espesor (hasta  $90 \mu$ ), fenómeno que se pone de manifiesto al observar el cuadro con luz rasante.

25 Espesores tan considerables (superiores a 15 centésimas de milímetro) son debidos al empleo de pigmentos cristalinos de grano grueso y, por tanto, estas zonas resaltarán aún más que los rojos en el análisis de la obra con luz rasante.

26 La capa de superficie, a base de azurita, es la

responsable de que en el examen con "luz de Wood" (fig. 12) estas zonas aparezcan muy oscuras, puesto que los pigmentos de cobre, tanto los azules como los verdes (azurita, malaquita, resinato de cobre...), son muy absorbentes de la radiación ultravioleta, dando una fluorescencia oscura.

27 Este colorante orgánico da un tono verde oscuro muy acentuado incluso cuando se aplica en capa muy delgada, por lo que se explica que el espesor de las capas verdes sea inferior al de los rojos y azules.

28 Es posible diferenciar fácilmente los negros vegetales, amorfos, de los negros animales cristalinos; pero dentro de los de origen animal, la diferenciación entre el "negro de huesos" y el "negro de marfil" solamente puede establecerse basándonos en que la visión microscópica da, para el primero, un color negro-marrón, y, para el segundo, negro-violeta. En nuestro caso nos inclinamos hacia el "negro de huesos".

29 Una extensa descripción de estos pigmentos ha sido publicada en: Studies in / Études de Conservation. Vol. II, núm. 2. Mayo 1966, págs. 54 a 91. I. I. C. The National Gallery. London. W. C. 2

30 La hipótesis más razonable consiste en pensar que: poco tiempo después de la creación del cuadro, las dos operaciones (limpieza y repinte) debieron estar unidas y que el restaurador habrá primero procedido a una limpieza, que, al provocar daños importantes, le impuso la necesidad de realizar una gran intervención, a menos que la limpieza no la haya así intencionalmente preparado.

31 El aglutinante de estos repintes, a base de aceite secante, se solubiliza fácilmente en una mezcla de "tetralina-alcohol-benceno (1: 1: 1)", lo que nos permite asegurar que su edad es inferior a los cien años.

32 Debemos repetir (ver nota 4, pág. 5) que, si bien por otras razones creemos que el vestido azul de la Virgen y posiblemente el verde del de Santa Magdalena están repintados, la mayor absorción del ultravioleta en esas zonas es perfectamente explicable por la presencia de una capa de superficie rica en pigmentos a base de cobre.

33 Las materias colorantes empleadas en la paleta flamenca del siglo XV son conocidas, pues su identidad ha sido revelada por el análisis químico; la estructura de las capas pictóricas ha sido precisada con suficiente exactitud en los trabajos realizados por nuestros colegas del I. R. P. A. (Bruselas), y que son utilizados con éxito, ya que el estado de las investigaciones actuales se encuentra bien lejos del puramente formal de sus comienzos. Parece, pues, normal inspirarse en estos conocimientos cuando se trata, en primer lugar, de situar en el espacio y en el tiempo una obra tan discutida como lo es la "Virgen de la mosca".

34 Bástenos citar como representativos de este tipo de

conocimientos: Coremans, P., Gettens, R. J., Thissen, J. "La technique des "Primitifs Flamands". Etude scientifique des matériaux, de la structure et de la technique picturale" en *Etudes de Conservation*, Vol. I (1952). I. Introduction; 11. Th. Bouts (Le retable du Saint Sacrement); III. Van Eyck (L'adoration de l' Agneau Mystique), en *Etudes de Conservación*, Vol. I (1954), n.º 4, pág. 145-161.

35 Esta anomalía pudiera representar una característica propia de un maestro (Thissen, J. y Vynckier, J. "Note de laboratoire sur les oeuvres de Juan de Flandes et de son école a Falencia et a Cervera" en "Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique", Vol. VII, Bruselas (1964), págs. 235-247, en donde se presenta la misma anomalía pero junto con otras muchas) o círculo aún no determinado por los laboratorios especializados en este tipo de trabajos, o bien al comienzo de la evolución que se inicia con el siglo XVI (especialmente entre los grandes maestros del principio del Renacimiento) y que llega, en el siglo XVII, a una verdadera revolución con respecto a la técnica de

los Primitivos (ver los Boletines del "Institut Royal du Patrimoine Artistique" (Bruselas), números V (1962), págs. 6-172 y VI (1963), págs. 7-68, dedicados al estudio del tríptico de Rubéns "El Descendimiento de la Cruz").

36 Fundamentalmente, las fibras de madera, en el nivel molecular, constan de largas cadenas de celulosa orientadas paralelamente al eje de la fibra, pudiendo considerarse como componentes de menor importancia, desde este punto de vista, las macromoléculas de hemicelulosas y de lignina. Los grupos hidroxilo (-OH) libres, retienen las moléculas de agua, pero pueden llegar a saturarse entre ellos, perdiendo entonces la madera gran parte de su higroscopicidad y disminuyendo en sus dimensiones, pues parte del agua que la hinchaba ya no está dentro de ella.

37 (The care of paintings), "The care of wood panels," en *MUSEUM*, vol. VIII, n.º 3 (1955).

38 CABRERA GARRIDO, J. M.<sup>a</sup>, "La conservación de la Portada de Ripoll" en *Informes y Trabajos del ICCR*. Madrid (1965).

## 6.2. L'annonciation de la Chartreuse de Miraflores (Burgos)

### INTRODUCTION

Elle est attribuée à Pedro Gonzalez Berruguete, peintre espagnol né à Paredes de Nava (Palencia), dont l'existence se situe entre 1450 et le 6 janvier 1504 (1). Pedro Berruguete est resté longtemps dans l'anonymat, mais aujourd'hui, on le considère comme fondamental dans l'Histoire de la Peinture, marquant en Espagne le sommet du courant Hispano-Flamand et le début de l'étape Renaissance. Son possible séjour à Urbino, et sa participation aux peintures du Palais du Duc de Montefeltro est un thème très débattu, auquel Lavalleye (2) apporte une ample documentation, parmi laquelle se distingue, à notre point de vue, l'examen de laboratoire des oeuvres étudiées.

Dans l'«Anonciation» de Miraflores, et dans d'autres oeuvres de Berruguete, il est facile de remarquer une préoccupation pour l'étude de la perspective, de l'espace et de la lumière, choses qu'aucun peintre castillan n'avait réussi à réaliser avec autant de succès. C'est une de ses oeuvres les plus parfaites, conjuguant très bien les deux tendances, flamande et italienne, et les historiens (3) sont d'accord en affirmant que l'on peut la situer chronologiquement vers la fin de sa vie, vers 1500.

C'est un tableau très élaboré, et le décor castillan conjugue très bien les deux tendances déjà mentionnées. La fenêtre gothique et les niches des piliers contrastent avec l'embouchure classique qui est symbole de l'étape de transition dans laquelle se trouve l'art à cette époque. A la simplicité architectonique, Berruguete oppose les minutieux brocard des toiles et le tapis type "Holbein" qui couvre une grande partie de la pièce (4).

Les deux figures principales sont conçues

avec le même volume. L'idéalisation de leurs visages est d'influence italienne et, cependant, les vêtements sont d'un caractère flamand marqué, avec dessin gothique (5). Tous les éléments qui composent le tableau sont bien dans le style de ce peintre; personnages aux visages pleins, mais, en même temps allongés, oreilles pointues, doigts longs, tout tend à la stylisation et à l'idéalisation de la Renaissance, se différenciant en cela, de ses contemporains Hispano-Flamands. Berruguete tend à l'idéalisation des visages et non au réalisme, jusqu'à tomber dans le grotesque comme le fait, par exemple, Fernando Gallego. La facture de ses tableaux est un autre point de différenciation avec les Hispano Flamands: elle n'est plus lisse, mais très grosse, avec beaucoup de pâte de couleur, qui s'applique d'un coup de pinceau très lâche.

Iconographiquement, le thème suit la tendance Occidentale de l'époque la Vierge méditant sur la Bible les paroles des Saints Pères, et l'Archange légèrement agenouillé devant la Vierge portant l'Annonce (6). Le décor et les attitudes des personnages sont propres de l'école allemande, qui arriva en Espagne par les Pays Bas; un bon exemple de cela est l'"Annonciation" du Polyptyque de Gand, des Van Eyck, avec tant de similitudes dans la façon de concevoir l'affaire et dans l'attitude des personnages, avec la planche de Miraflores (7). Ce thème iconographique est très répété par les maîtres Hispano-Flamands (8). Le thème de l'Annonciation a été réalisé plusieurs fois par Berruguete. Nous connaissons l'Annonciation de la Collection Luis Ruiz (110 x 140 cm), l'Annonciation du Retable de Sainte Eulalie de Paredes de Nava (96 x 125 cm) (9) et l'Annonciation dans l'armature architectonique de la planche qui représente

“la Vierge a l’Enfant” de l’Hôtel de Ville de Madrid (44 x 61 cm) où elle a le même caractère symbolique que l’Adan et Eve et los prophètes et apôtres de l’embouchure classique de la planche de Miraflores (10)..

Comparée aux deux premières, nous voyons qu’elle représente une évolution dans le même thème; les trois ont un tracé géométrique réalisé au burin plus ou moins parfait, mais dans celle de Miraflores, il est plus compliqué et mieux élaboré. La perspective et l’étude de la lumière sont plus complexes et elle a, en outre, une plus grande richesse décorative et architectonique. Toutes comportent les mêmes éléments essentiels et les mêmes attitudes des personnages, mais avec de légères variations dues à cette élaboration plus ou moins grande, ce qui nous sert pour indiquer un ordre entre elles: en premier lieu, nous situerions celle de la collection Luis Ruiz, en deuxième lieu, celle du retable de Paredes de Nava et en troisième celle de Miraflores (11). Dans cette dernière, les éléments qui composent le tableau acquièrent un plus grand équilibre, dont un exemple peut être les ailes de l’Archange, un peu plus proportionnées que dans la version de Paredes. Le lutrin est remplacé par le buffet de dessin gothique et la cruche perd de l’importance, diminuant de dimension et passant à une place secondaire.

L’inscription avec la salutation se réduit à sa plus petite expression, la formule s’abrège et le Père Eternel est remplacé par la colombe, symbole de l’Esprit Saint. Par les trois Annonciations, nous voyons aussi une tendance à l’idéalisations des visages, et à la situation des personnages sur un plan plus avancé.

Nous savons peu de chose des faits relatifs à son histoire matérielle ou externe. Ceux que nous connaissons (12) peuvent être résumés comme suit: “au début du XIX S. on la plaça dans un retable inadéquat de la Sacristie, très en hauteur et avec peu de lumière”; en 1921,

elle fut emportée à l’Exposition d’Art Rétrospectif du Septième Centenaire de la Cathédrale de Burgos, sans être attribuée alors à Pedro Berruguete. A son retour à la Chartreuse, elle fut placée dans une salle de l’hotellerie, dans la clôture du couvent, mais à la demande du biographe de la Chartreuse, P. Tarin, elle fut transférée en 1925 au côté gauche du Presbytère. Vers, 1931, elle fut restaurée par M. Olalde “...nettoyage, éclaircissant la couleur recuite, oeuvre du temps, et changeant le cadre inadéquat qu’elle avait, une imitation d’acajou de style empire”.

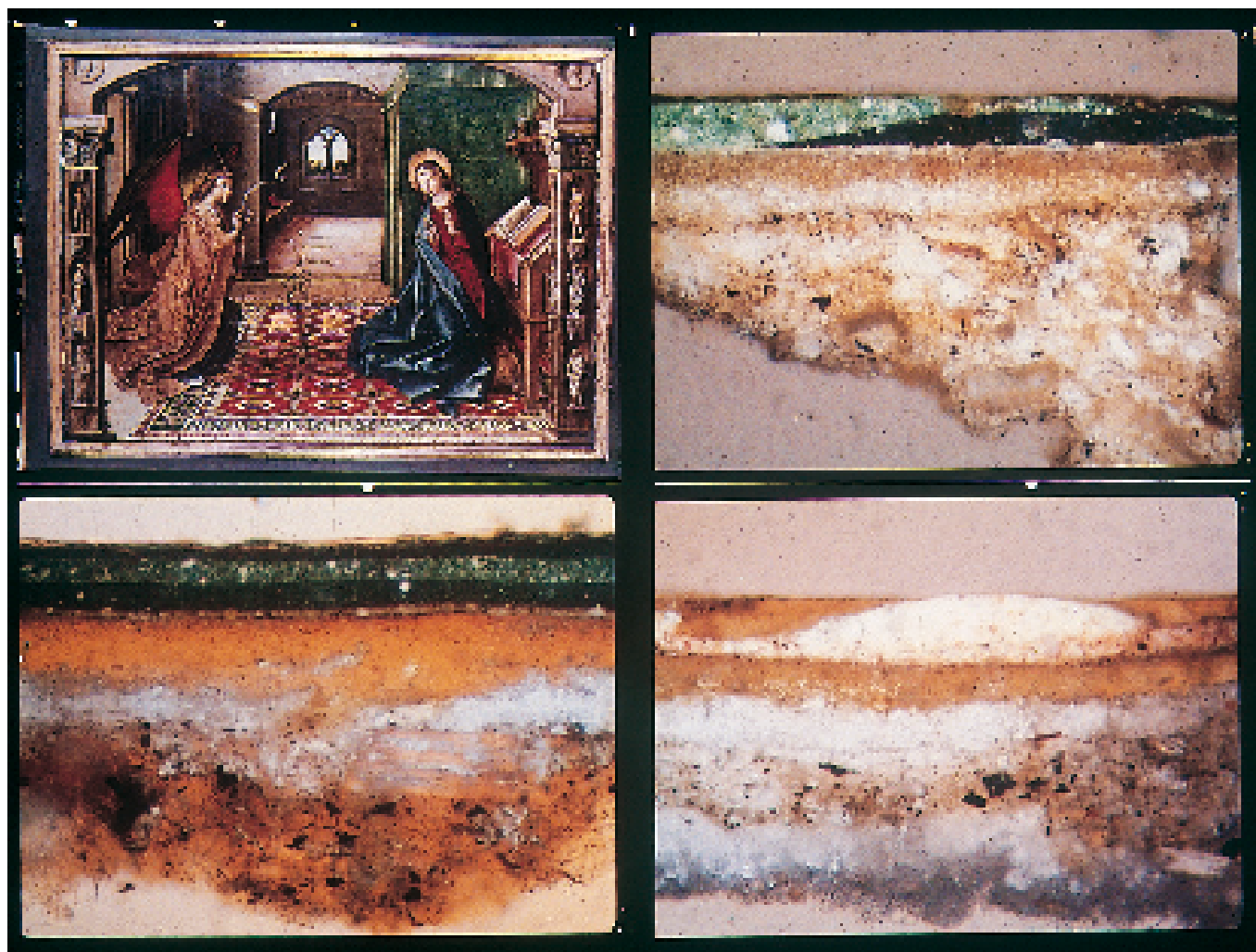
Le 22 janvier 1969, elle entra à l’Institut Central de Conservation et Restauration d’Oeuvres d’Art, à Madrid, pour être restaurée (13), et fut rendue à la Chartreuse en mars 1971.

## MATIÈRES ORIGINALES ET TECHNIQUE PICTURALE.

### I. Le support.

Il est en bois de pin (*Pinus Uncinata* ?) avec des dimensions de 139 cm x 100 cm. ( $\pm 1$  cm) et environ 2 cm. d’épaisseur. Il se compose de trois planches, pratiquement rectangulaires, placées en sens horizontal et dont les largeurs varient comme suit: celle du haut va de 34 cm. du côté de la Vierge jusqu’à 35 cm. du côté de l’Archange; la centrale varie entre 42 et 41 cm. et l’inférieure, entre 23 cm. et 24 cm. toujours dans la même direction.

Le bois est mou, léger et peu résineux. Les anneaux de croissance ne se distinguent pas facilement à la tête et sont généralement étroits. Les trois planches ont été coupées selon un plan tangentiel au tronc de l’arbre, de sorte que leurs zones centrales correspondent aux plus proches du coeur du tronc de l’arbre. Ces trois éléments sont unis par de la colle animale et les unions sont renforcées par quatre chevillettes de bois, de 10 cm de longueur environ et embouties dans les angles des planches.



La pintura sobre tabla aparece rodeada de tres fotografías tomadas bajo el microscopio a 150 aumentos, mostrando la estructura de la composición de la capa pictórica.

Sur les unions des trois planches, on a mis de l'étope de chanvre qui adhère au moyen de colle animale et présente des interruptions très caractéristiques, que l'on peut attribuer à deux traverses placées en sens vertical, d'environ 7 cm. de large. On remarque aussi seize trous disposés en deux files selon l'emplacement de ces traverses, qui sont remplis de morceaux de bois correspondant aux chevilletes qui durent unir les traverses au support.

On remarque une forte attaque des insectes xylophages (anobides) dans les zones extérieures de chacune des trois planches.

Tout au long des bords, le support présente un rabaissement en forme d'équerre, que l'on peut attribuer à une intervention postérieure à l'originale parce que les galeries des insectes sont coupées en section longitudinale. Ce rabaissement, dans la planche centrale a une profondeur qui oscille entre 0,1 cm. pour la zone de bois dur au centre, et 1 cm. sur les côtés, de bois mou, présentant une largeur qui varie entre 0,8 et 2 cm. La flèche des planches arrive à valoir jusqu'à 7 mm. On remarque aussi deux grandes crevasses dans les zones de bois mou proches des unions, l'inférieure étant couverte par une bande de toile de coton moderne.

## 2. Preparation.

Toute la superficie du support, du côté de la peinture, est couverte par une couche d'étoupe de chavre et de la colle comme adhésif.

La préparation proprement dite se compose de trois couches bien différenciées, atteignant dans l'ensemble une épaisseur de jusqu'à 1,5 mm. environ. La 1<sup>o</sup> couche (strate 1) est composée par du Gros Plâtre avec du carbon végétal en abondance, liés avec de la colle, l'épaisseur étant supérieure à 1 mm; 2<sup>e</sup>me couche (strate 2), beaucoup plus fine et homogène (30 à 90 microns), est composée de Carbonato de Calcium finement divisé, lié à la colle, ensuite, nous trouvons une 3<sup>e</sup>me couche (strate 3), translucide, qui est la partie supérieure de la strate 2, imprégnée intensément (jusqu'à 200 microns) d'une substance organique de type résineux mêlée avec une autre de type protéique. (14)

## 3. Dessin.

Le plan géométrique du peintre fut gravé un instrument pointu sur la couche translucide d'imperméabilisation, et sur cette même couche se trouve le dessin réalisé avec du charbon d'origine animale, lié avec une émulsion oléo-aqueuse, la même que nous trouvons comme agglutinant des couches de peinture.

Il est visible sur quelques-unes des strati-graphies où il est signalé avec la lettre D et aussi dans certaines zones des photographies en infra-rouge(15).

## 4. Imprimure.

Sur la couche translucide d'imperméabilisation et couvrant le dessin là où il existe, sur toute la superficie de l'oeuvre, nous trouvons une fine couche (strate 4) (environ 15 microns) composée de plâtre fin lié avec émulsion O/A. L'agglutinant se présente ici avec moins de fraction de produits oléagineux que dans la couche d'imperméabilisation, ce qui lui communique un moindre index de réfraction et, de ce fait, le plâtre, a un plus grand pouvoir couvrant.

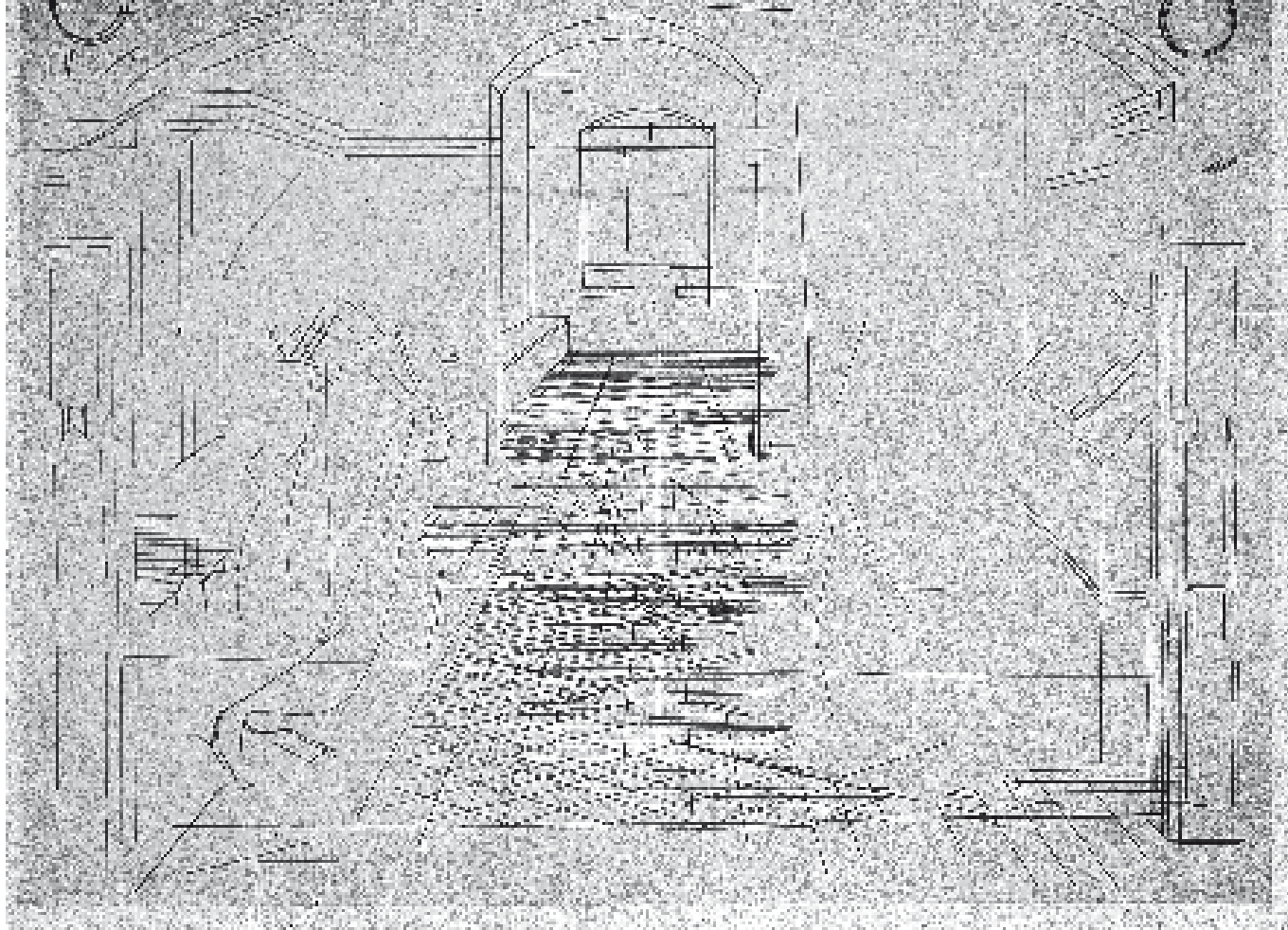
## 5. La couleur: composition et structure.

Les matières colorantes utilisées par le peintre sont essentiellement au nombre de neuf: Blanc: PLATRE ET BLANC DE PLOMB; Noir: CHARBON ANIMAL; Bleu: AZURITE; Vert: VERT-DE-GRIS et RESINATE DE CUIVRE; Rouge: OXYDE DE FER et LAQUE ORGANIQUE (garance?); Jaune: COLORANT ORGANIQUE (non identifié).

Les particularités dans la composition de la couleur et le structure des différentes couches se reflètent avec suffisamment de précision dans les microphotographies exposées, mais nous croyons nécessaire d'insister sur deux points de grande importance: 1<sup>o</sup> sur la présence de Blanc de Plomb, uniquement dans la sous-couche plus superficielle; 2<sup>o</sup>, la singulière structure des zones vertes et rouges, élaborées avec plus grand soin. Concernant le premier point, l'analyse chimique démontre que le peintre utilise fondamentalement le Plâtre pour diluer les pigments et seulement dans la couche plus superficielles zones riches ou éclairées il utilise une portion de Blanc de Plomb qu'il mélange au Plâtre (16); ce principe est important pour la compréhension des documents radiographiques, qui accusent un grand manque de densités, et sont un élément de valeur pour l'étude de la texture de cette couche superficielle, et, par conséquent, des caractéristiques pictographiques du maître. Quant au second point, les zones vertes des ailes de l'Archange et du dais derrière la Vierge, ainsi que dans le rouge du costume de la Vierge, présentent une structure complexe qui consiste en trois couches superposées, l'inférieure et la supérieure, assez translucides, et l'intermédiaire plus dense, ce qui les différencie grandement du reste du tableau qui montre, en général, une technique assez simple, c'est-à-dire, placer sur une couche de base les détails, ornements et voilures.

Quant à l'agglutinant, l'analyse nous indique qu'il est formé par un mélange de substan-





Geometría del proyecto grabada sobre la preparación con un punzón, obtenida a partir de la imagen radiográfica.

ces oléagineuses et protéiques. Généralement, il présente peu de proportion de la fraction oléagineuse mais, dans les verts principalement, il devient assez gras par addition de résine (résinate de cuivre). Bien que nous ne connaissions pas encore les protéines ni les résines d'origine, la peinture doit être considérée comme à «emulsion-O/A», dont le diluant, doit être l'eau. Dans les tons verts, il est difficile de préciser le rôle joué par le résinate de cuivre, et il en est de même pour les couches translucides de rouge, trouvées en profondeur et en surface, car elles ont une texture bien différente de celle du reste des couleurs et nous ne pouvons définir jusqu'à quel point l'émulsion a pu avoir comme diluant principal l'huile même ou la résine liquide (17).

#### 6. Plan géométrique et changements de composition.

En analysant soigneusement la superficie du tableau, on peut remarquer une grande

quantité de fins tracés incisés qui signalent la géométrie de la composition; en utilisant les documents radiographiques, nous avons pu décalquer ce réseau de lignes qui apparaît sur la figure. C'est un plan géométrique détaillé et, de son étude, on déduit que le tableau fut mis en perspective en traçant sur la préparation et par les procédés géométriques de la perspective conique, linéaire ou naturelle, les lignes qui règlent la dimension et l'endroit de chacun des éléments présents (18)

Une opération aussi minutieuse exige, entre le savoir, une certaine habitude d'opérer, qui est démontrée par le plan dans son ensemble et, spécialement, dans la dispersion raisonnable du point de fuite qui n'est pas marqué, dans les lignes principales qui sont seulement signalées par les tronçons nécessaires et dans l'indication précise de la ligne correspondant au plan principal sur laquelle se situent quelques traits de la Vierge et de l'Archange.

La photographie infrarouge nous montre les changements suivants introduits dans le projet: l'aile gauche de l'Archange, le livre et le lutrin près de la Vierge, la base derrière le dais et la suppression de la colonne correspondante dans l'arc qui donne accès à la deuxième salle, le projet de trompes de voûte dans l'arc bombé principal, à la hauteur des médaillons, etc.

On remarque aussi que quelques-uns des éléments du tableau, qui ne furent pas précisés dans le plan géométrique, nous apparaissent avec de légères erreurs géométriques qui contrastent avec un plan initial aussi exact. Par exemple: le dais, derrière la Vierge, a le sommet du fond légèrement plus bas que nécessaire, ce qui donne l'impression qu'il pend trop fort; la marche entre les deux salles a été représentée avec une petite hauteur, mais la géométrie et, de ce fait, l'appréciation visuelle, demandent une plus grande hauteur, identique à l'épaisseur de la colonne. La cruche avec le lys est sensiblement on lévitation, et il semble que la première composition aurait seulement tenu compte de la partie supérieure (pot de fleur ?) qui serait géométriquement bien placée, idée qui se renforce quand on remarque que la partie de la tige du lys qui y pénètre, a été conçue en tenant compte du jeu de transparence dû à l'indice de réfraction du récipient, soin qu'on ne remarque pas dans les détails du tapis qui apparaît avec toute précision derrière la vitre de la partie centrale de la cruche.

En ce qui concerne l'auréole de la colombe, l'analyse chimique et stratigraphique confirme que c'est une superposition postérieure, comme l'indiquait la photographie en fluorescence ultra-violette et comme le montre la radiographie.

#### TRAITEMENT APPLIQUÉ.

Nous avons maintenu le tableau pendant plusieurs mois dans une ambiance avec humidité relative de 60%, et obtenu une

récupération appréciable dans la courbure des planches, suffisante pour libérer des tensions les bords insérés dans les cannelures du cadre. On ne jugea pas opportun de réduire totalement les déformations dues au vieillissement naturel du bois, en raison des énergiques manipulations nécessaires et du résultat général douteux de celles-ci, point de vue qui fut renforcé par les diverses opinions des composants de la Commission de Conseil de l'I.C.R. pour le traitement de Peintures, réunie le 5 juin 1970 et le 26 octobre de cette même année.

Pour la consolidation des zones affectées par les insectes, on procéda au nettoyage en profondeur des galeries par un puissant aspirateur, imprégnant le bois d'une solution de Bedacryl 122 X (19) en Xylène et renforçant les crevasses avec un mastic imitant le bois, à base de résine synthétique. Finalement, on procéda à imprégner tout l'envers du tableau avec une pâte de cire vierge et essence de therebentine afin de diminuer les échanges d'humidité entre le bois et le milieu ambiant.

Le Traitement de la couche picturale a été réalisé par la restauratrice Melle Maria Teresa Dominguez Adme et les opérations fondamentales sont schématisées comme suit :

On a procédé à la consolidation de la couche picturale dans les zones qui présentent des cordillères et boursouflures, c'est-à-dire, sur la tête de la Vierge et dans les angles inférieurs du tableau; l'opération a été réalisée avec de la colle de lapin à laquelle on ajoute de la mélasse comme plastifiant et un peu d'acide acétique, l'appliquant par injection dans les boursouflures et par chaleur d'une lampe infra-rouge dans les cordillères.

Le vernis a été soulevé par l'action mécanique au bistouri aidé par l'emploi d'un dissolvant (20); de la même façon, on a traité les retouches situées sur le manteau de la Vierge, bords du tableau et médaillon du côté droit, vu selon l'observateur.

Les petites lacunes existantes ont été d'abord stuquées avec du plâtre mat et colle de lapin, et l'intégration dans ces lacunes c'est faite en deux phases fondamentales : la première, tachan avec de l'aquerelle le blanc de fond, et la finition avec pigment vernis après application d'un léger vernis général.

La couche de protection finale a été obtenue avec du vernis marque Rembrandt, mélangeant on parties égales le type «mat» et l'appliquant par pulvérisation au pistolet.

Dans le cadre, on a répasé les petits défauts et éclats existant dans la couleur et la dorure. ■

## NOTES

(1) Marti Monsó J. «Estudios Historico-Artísticos» Edit. Leonardo Miñon, Valladolid (1898-1901) p. 103 et suivantes.

(2) Lavalleye J. «Le Palais Ducal d'Urbin». Centre Nationale de Recherches Primitifs Flamands- Bruxelles (1964)

(3) Angulo Iñiguez D. «Pedro Berruguete en Paredes de Nava» -Obras del arte español- Edit. Juventud S.A. Barcelona (1946)- p. 21-22.

-Lainez Alcala R. «Pedro Berruguete pintor de Castilla» Edit. Espasa Calpe -Madrid (1935)- p. 68.

-Post Ch.R. «History of Spanish Painting. The Beginning of the Renaissance in Castile and Leon» -Vol. IX- 108 partie. Harvard University Press (1947) p. 104-108. Post recueille la théorie de Cavestany selon laquelle les médaillons des trompes de voûte représentent, celui de droite, Berruguete, et celui de gauche, sa femme ou son fils, car ils n'ont pas les attributs qui accompagnent généralement les donateurs ni le moindre caractère décoratif. Si celui de droite est un auto-portrait, nous pourrions penser que cette Annonciation se fit peu avant sa mort, car il mourut vers les 50 ans, âge qui semble avoir plus ou moins le personnage du médaillon. Et on pense que celui de gauche représente son fils, en raison des 20 ans qu'il semble avoir, plus ou moins, et de ses traits nullement féminins.

(4) Ferrandis Torres J, «Alfombras Hispano-Moriscas tipo Holbein», Archivo Español de Arte (1942)- p. 103 111.

(5) Madrazo C, Bernis «Pedro Berruguete y la moda, algunas aclaraciones cronológicas sobre su obra» Archivo Español de Arte (1959)- p. 9-28.

-Madrazo C. Bernis «Indumentaria medieval española» Colocación Artes y Artistas. Inst. Diego Velazquez, du C.S.I.C.- Madrid (1958).

(6) Mâle E. «L'Art religieux de la fin du Moyen Age en France» Libr. Armand Colin. Paris (1922) page 8.

-Réau L. «Iconographie de l'art chrétien»-II<sup>o</sup> Tome: Iconographie de la Bible II: Nouveau Testament. Presses

Universitaires de France- Paris (1957) pages 180 et suivantes.

(7) Il y a des auteurs qui opinent que l'influence flamande de Berruguete se concentre dans Van Eyck. Le défenseur le plus acharné de cette théorie est: Huslin de Loo G. «Poetro Berruguete et les portraits d'Urbin» -Edit. Librairie Encyclopédique - Bruxelles (1942) p. 52-56.

(8) Lavalleye J. II. «Répertoire des peintures flamandes des quinzième et seizième siècles». Les Primitifs flamands. Collections d'Espagne vol. 1 et 11- Edit. Sikkell S.A. Anvers (1958).

(9) Angulo Iñiguez D. : opus cit. (3).

(10) Gomez Moreno M. «La joya del Ayuntamiento Madrileño» - Archivo Español de Arte (1951)- p. 1-4

(11) «Nous dirions que celle de Paredes est une transition entre les deux autres. Le sol de petites dalles décorées est le chaînon pour passer de dalles unies au sol enrichi d'un tapis mauresque. Ceci se passe avec le reste du décor et les vêtements, qui ne sont plus unis, mais avec des décorations gothiques».

(12) Cavestany J. «Una tabla de Pedro Berruguete en la Cartuja de Miraflores» A.B.C. 4 janvier 1931 Madrid.

-Catalogue général n° 225 - p.21 - Burgos (1926): «Peinture sur planche d'auteur espagnol influencé par un maître de ceux qu'on appelle flamands, romane ou toscans. Elle est du début du XVI et en ce qui concerne le métier ou technique, elle est peinte selon l'usage espagnol de cette époque» Chartreuse de Miraflores de Burgos.

(13) «L'Annonciation de la Chartreuse de Miraflores reg. gen. n° 1253» «Informe sobre el estudio y tratamiento de conservación» -Archives de l'I.C.C.R. Madrid (1971).

(14) Cette préparation présente des variations marquées, par rapport à ce qu'indique Cennino Cennini: 1° sur le support, il y a de l'étope au lieu de chiffon (ou cuir, comme dit Eraclius). 2° -au lieu de Gesso Sottili, nous trouvons du Carbonate de Calcium- 3°

imperméabilisée avec une émulsion très grasse au lieu de la légère eau d'oeuf recommandée par Cennino.

(15) Photographies réalisées avec: matériel sensible= Kodak Infrared 4x5; filtre= Kodak-Wratten 88A (8.000 A environ).

(16) Pacheco F. «Arte de la Pintura» Edition de l'Institut Valencia de D. Juan (1956) page 20 «...le blanc était seulement du plâtre mort et moulu: comme nous l'avons dit; mais dans les bonnes peintures, à deux parties de plâtre on en ajoutait une de céruse».

(17) Dans le Laboratoire de l'ICCR, on travaille activement à l'étude de ces agglutinants et nous espérons avoir bientôt des données plus amples.

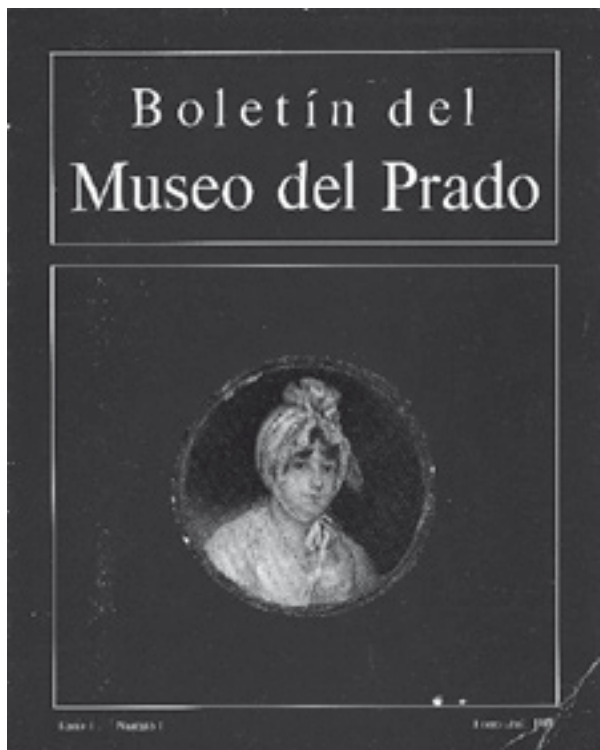
(18) Suivant Doesschate F. «Perspective, fondamentaux controversés, histoire», B. de Graaff 1964, nous notons que la «Costruzione legittima» construction selon les lois (de la géométrie euclidienne) remonte à Leo Battista Alberti («Trattato della pittura» 1443) bien qu'elle ne soit décrite clairement que par Piero della Francesca («De prospectiva pingendi» écrit vers 1470). Cette forme de représentation, considérée depuis lors comme la seule véritablement scientifique, procède par les notions de plan et élévation, deux projections parallèles préalables, nécessaires en effet pour sa mise au point.

Dans cette construction, qui est très abstraite, le point de fuite, où se réunissent les Obliques parallèles, est une conséquence, un moyen de contrôle, mais n'est pas une donnée du problème. Dans la pratique des artistes (Bouleau Ch. «The painter's secret geometry», Thames & Hudson, 1963), interviennent des procédés simplifiés, basés essentiellement sur l'emploi du point de fuite central, conservant de la «costruzione legittima» seulement l'élévation. Les «secrets de la perspective» étaient, en effet, un savoir accessible seulement aux initiés (Panofsky E. «The life and art of Albrecht Dürer», Princeton University Press 1955), qui leur permet de dépasser le plan du tableau car même l'observation la plus aigüe de l'espace ne fournit pas une clé universelle pour sa représentation.

(19) Fabriqué par Imperial Chemical Industries. Représentant en Espagne I.C.I. España S.A.-c/Tuset, 32, Barcelone.

(20) Diméthyl formamide (10 vol.) – éthanol (10 vol.) – acétone (10 vol.) – n-butylamine (2 vol.) – ammoniac (1 vol.)- et acétate d'amyle en proportion variable. Ce mélange est assez polaire et basique, car l'eau d'ammoniac manifeste sa réaction alcaline; la dilution s'obtient avec de l'essence de thérébentine.

### 6.3. La Piedad de Roger Van der Weyden. Análisis de laboratorio



#### 1. INTRODUCCIÓN

Con una composición similar a la de este cuadro, existen otros tres en colecciones públicas de Londres, Bruselas y Berlín, Figuras 12,13 Y 15, por lo que los especialistas se esfuerzan en estudiarlos cada vez más exhaustivamente buscando criterios de cronología y para profundizar en el conocimiento de la personalidad del maestro. Dos de estas pinturas, la de Londres y la de Bruselas, han sido examinadas ya con ayuda de los métodos instrumentales modernos y al analizar ahora la de Madrid con una metodología comparable, ponemos al alcance de los especialistas una documentación del original subyacente, capaz de inducir una discusión más matizada de los problemas de siempre.

El presente estudio ha sido realizado exclusivamente con los instrumentos del Museo del

Prado; por ser estos aún bastante limitados (un microscopio, un equipo de rayos X y otro de infrarrojos, lámparas de ultravioleta y accesorios de revelado de placas principalmente)<sup>2</sup>, solo nos han permitido un nivel de aproximación básico, no pudiendo aún penetrar ni en las técnicas de examen más sofisticadas ni en los análisis instrumentales de pigmentos y aglutinantes, pues hubieran exigido la utilización de recursos foráneos.

Este tipo de estudios son típicamente multidisciplinarios y han de concebirse como el desarrollo de programas integrales realizados por especialistas. Pero en el caso presente no ha podido aún desenvolverse así y por esto adolece de la precisión y profundidad necesarias en algunas de las cuestiones planteadas. No obstante, como en su forma presente constituye un elemento útil para la Historia del Arte y para todo lo relacionado con la Conservación del cuadro, no dudamos en darlo para publicación como noticia de lo que





venimos haciendo con los instrumentos que se han ido comprando, pareciéndonos también que constituye en sí mismo un argumento para el laboratorio y su función en el Museo del Prado.

## 2. EXAMEN TECNICO

### 2.1. El soporte

Es de roble de primera calidad<sup>3</sup> y está formado esencialmente por una tabla cortada en sentido "tangencial" al tronco del árbol, presentando una distribución muy uniforme de los anillos de crecimiento, lo que hace que sea poco deformable por cambios en el contenido de humedad. Los planos de testa quedan a izquierda y derecha, por lo que las fibras verticales del árbol se muestran en el reverso horizontalmente, viéndose apaisadas las pequeñas marcas ovales del corte frontal de los radios leñosos; esto hace que la

menor resistencia mecánica se presente para tensiones entre pies y cabeza y justifica que el artesano diera un mayor espesor a la parte central de la tabla. No obstante esta precaución, en algún momento se ha producido la fractura, visible en la Fig. 5, y cuya reparación se hizo nivelando en esa zona la superficie de la madera para acoplar allí un listón de refuerzo, utilizando por fuera un poco de estopa de cáñamo encolada<sup>4</sup>.

El reverso muestra unos bordes en chaflán para la mitad inferior de la tabla, lo que coincide con la existencia en la cara Pintada de un "labio" en esa misma parte baja del cuadro, todo lo cual testimonia que la pintura fue realizada teniendo puesto un marco de ranura, pero solo en la mitad inferior.

A lo largo de todo el perímetro lobulado de la parte superior, existe un rebaje en escuadra del borde y, adosado a él en la parte de la derecha quedan restos de una etiqueta con letra moderna.

Sus dimensiones son fundamentalmente: 47 x 34,5 (± 0,3) x 1,3 (± 0,4). Figs. 2 y 3.

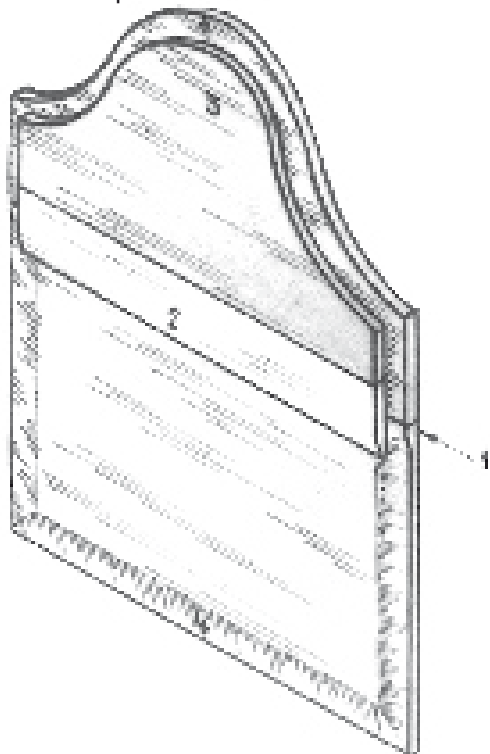
### 2.2. La pintura

Con fluorescencia de rayos ultra violeta<sup>5</sup> se pone de manifiesto la línea de fractura así como multitud de pequeños retoques en el cielo y en los mantos de San Juan y de la Virgen principalmente (Fig. 5).

La radiografía <sup>6</sup> nos ofrece una imagen bien contrastada, apreciándose más o menos nítidamente gran cantidad de detalles interesantes (Fig. 4). Sobre la cabeza de los personajes y un poco más arriba de la fractura aparece una línea que delimita en el cuadro dos zonas, la alta y la baja, y que no es más que el borde superior de una banda de casi 6 cm. de ancho, de un blanco más intenso y más denso radiográficamente, que está colocada a la altura de las cabezas sobre el original subyacente, como lo demuestra la estratigrafía al poner de manifiesto la capa de barniz existente entre ambas (Figs. 6 y 7).



2. El soporte de la pintura. Reverso de la tabla.



3. Esquema de despiece según dibujo de Ros: 1. Línea de fractura. 2. tablilla de refuerzo. 3. forma superior recortada con el borde rebajado en escuadra. 4. borde en chaflán para marco de ranura.

Bajo el Donante había otro personaje similar al Santo Domingo del cuadro de Londres, del que la radiografía nos muestra la tonsura monacal, una nariz más apuntada y hacia abajo y un trazado de la parte posterior del manto muy lineal (Fig. 6), siendo esto último más visible con los infrarrojos (Figura 9). En la cabeza de San Juan, la radiografía es empastada y confusa, atribuible a una transformación a nivel de pintura; observándose también imágenes que sugieren formas subyacentes en muchas otras zonas sobre la línea del horizonte, tras el Donante, entre María y la Cruz, etc., difíciles de interpretar pero que permiten imaginar la importancia de la transformación operada. Entre todas estas formas semi ocultas cabe destacar a dos cuyo grado de legibilidad permite aventurar la siguiente identificación: bajo el poste de la Cruz y a media altura, un trono y, un poco más arriba y algo hacia la izquierda justo bajo el arranque del brazo de la Cruz, una cabeza de ángel.

Toda la preparación de la tabla parece ser la misma, a base de carbonato de calcio ligado con cola, según las muestras observadas en los bordes del cuadro. Los pigmentos que aparecen en las estratigrafías de las Figuras 6 y 7 son esencialmente el blanco de plomo, los azules de azurita y lapislazuli y algún grano rojo de cinabrio en la capa añadida n.º 5 de la muestra A. Los demás colores no han sido examinados por ser difíciles de tomar en el borde del cuadro.

En el arco superior quedan unos trazos incisos que marcan esta forma (Fig. 8). Desde la raya hacia fuera la pintura es una capa de albayalde y azurita, pero hacia dentro presenta superpuesta otra capa de un azul más intenso a base de ultramarino, a la que aún se superponen el blanco de las nubes. Estas capas de azurita y preparación, están rasgadas por el trazo; las otras capas, cuando llegan a él, lo cubren, y esto indica que fue cortado teniendo ya una primera estructura



4. Radiografía de La Piedad.

azul celeste y que más tarde se le puso el actual cielo.

La reflectografía de infrarrojos<sup>7</sup> nos muestra un dibujo muy sencillo. En general sigue las formas fundamentales que no han sido modificadas, el cuerpo de Cristo, las manos, los pliegues de los mantos, la corona de espinas en donde se ve el trazado a pincel en el inicio de la línea más a la derecha, debajo del Donante muestra un poco la nariz del personaje subyacente (Figura 10), el trazado más lineal del manto a su espalda (Fig. 9) así como un trabajo un poco más elaborado en puntos como los pies de Cristo (Fig. 11). La limitación en la penetrabilidad del reflectograma es importante y puede deberse a las superposiciones existentes que engrosan notablemente el espesor de la pintura, por lo que esta técnica no ofrece aquí los resultados que inicialmente esperábamos.



5. Fotografía en fluorescencia ultravioleta. En A y B se señala la localización de las micromuestras para análisis.

Los ensayos de solubilidad del aglutinante con formulaciones a base de morfolina, dan resultados similares para la estructura subyacente y la añadida en la zona del cielo (muestra B), y resulta positiva para ambas la reacción de Emich, por lo que pensamos que los aglutinantes tienen emulsión óleo-proteica que será preciso examinar por cromatografía y espectrometría de absorción I. R.

### 3. ANTECEDENTES

En la noticia de la adquisición en 1925<sup>8</sup>, se sitúa como obra de Rogier van der Weiden de la que existe una copia en el Museo de Berlín (Fig. 15) y cuyo autor repitió la composición con variantes en sus últimos años en cuadros del Museo de Bruselas (Fig. 12) y de la colección de lord Powis, Fig. 13, (hoy en la National Gallery en Londres).

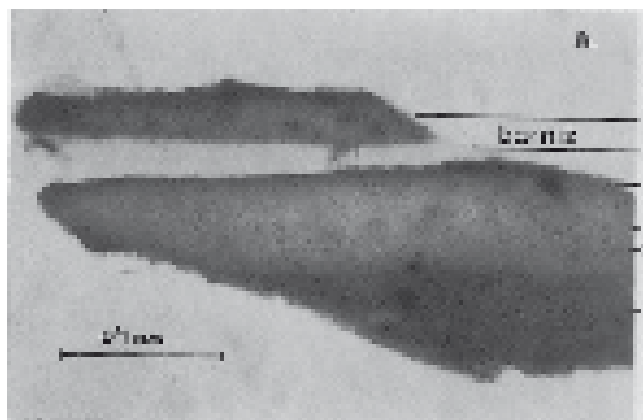


El catálogo del Prado dice<sup>9</sup>: "Original admirable del maestro. Según Winkler superior al ejemplar análogo del Museo de Berlín. Adquirido por el Patronato en 1925. Perteneció desde mediados del siglo XIX a don Fermín Lasala, Duque de Mandas. M. J. Coeckeleberg de Bruselas ha identificado el Donante con Broers, vecino de Malinas y del que se conserva un retrato, casi idéntico, que mide 0,11 x 0,10."

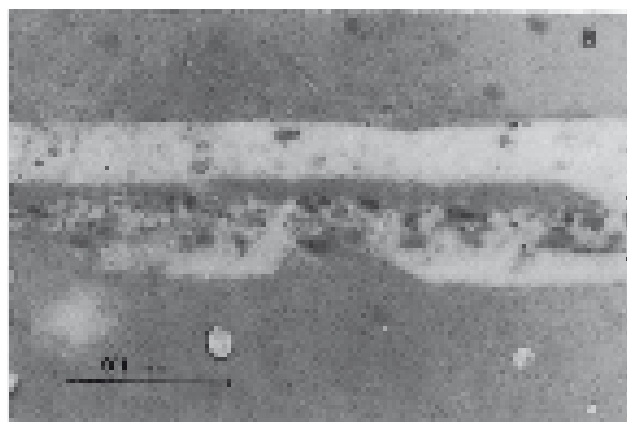
En 1927 se expuso este retrato<sup>10</sup> (Fig. 14) bajo la identificación de Jean III Broers, Notario real hereditario de Malinas a principios del siglo XVIII, pero en 1935<sup>11</sup> el Dr. Le Maire constató la semejanza con el Donante de La Piedad del Museo del Prado y dedujo de esto que debería tratarse de un antepasado del siglo XV pintado también por Roger van der Weyden. Este pequeño retrato se encontraba desde antiguo en casa de Mme. Le Maire, de soltera Broers, y en la ficha del Centre National de Recherches "Primitifs Flamands"<sup>12</sup> figura como un óleo originalmente pintado sobre pergamino que fue trasladado a tela y que en 1951, con motivo de la Exposición de Amsterdam "Fastos del Siglo Borgoñón", los rayos X mostraron que debajo del retrato existía otra cara; M. J. F. (Friedländer) en la documentación de R. K. D. de La Haya indicó "Vervalsching" es decir "falso".

Friedländer (1967)<sup>13</sup> ha vuelto a publicar los cuatro cuadros principales insistiendo en que el de la National Gallery de Londres "es con diferencia el mejor espécimen de esta composición y un excelente original fechable hacia 1450". Del que se conserva en Bruselas dice que "es una buena réplica de taller" y al de Berlín lo sitúa como de "un seguidor competente", siendo para él el del Prado una "copia exacta" del de Berlín, al igual que otra composición similar que se encuentra en una colección privada en Nápoles?

Destrée (1930)<sup>14</sup> se queja de la opinión de Friedländer respecto al orden de prioridad entre los cuadros de Londres y Bruselas, pues



6. Examen estratigráfico de la micromuestra A. La presencia de un barniza entre los estratos demuestra la superposición de la banda más blanca que se aprecia en la radiografía.



7. Fotomicrografía de la muestra B, que confirma la superposición de estructuras observada en A.



8. Detalle de la parte superior mostrando los dos trazos incisos que señalan la forma redondeada, a 1 cm y 0.5 cm del borde respectivamente.



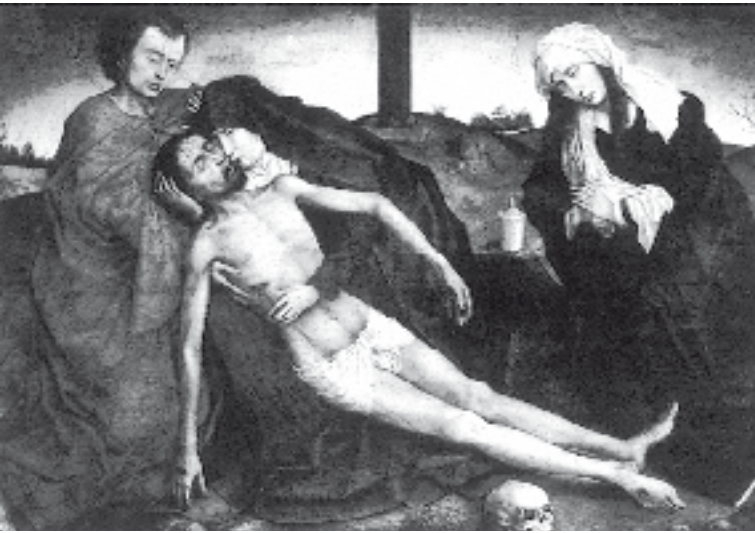
9, 10 y 11 reflectografía de infrarrojos. Detalles fotografiados en la pantalla del monitor de T.V.

cree que este segundo se debe anteponer en estimación, y menciona la existencia de dos copias o réplicas del de Bruselas, una de iguales dimensiones en la Colección del Conde Maugoni en Nápoles y otra de dimensiones reducidas, en la colección Lankorowsky en Viena.

Davies (1970)<sup>15</sup>, analiza profundamente el cuadro de Londres, estudiando comparativamente las otras composiciones. Hace notar la estrecha correspondencia existente, por una parte entre las tablas de Londres y Bruselas que tienen parecida forma y medidas así como analogías en el grupo de Cristo con María aunque sean diferentes las otras figuras que les rodean; por otra parte son muy exactos los cuadros de Berlín y Madrid, incluso en el rostro del Donante, y los sitúa como dos copias de un original perdido. Resalta que entre los cuadros de Bruselas, Berlín y Madrid son muy próximas las figuras de San Juan y la Virgen. Para él, el cuadro de Londres se debería incluir entre las obras seguras de Roger van der Weyden, aunque la composición por su formato y la cruz cortada la supone basada en una obra original al estilo de las de Madrid y Berlín.

Van Asperen de Boer (1970)<sup>16</sup>, estudió el dibujo subyacente de La Piedad de Bruselas como primicia del método de reflectografía, viendo claramente que muestra significativas reminiscencias con las composiciones de Berlín y Madrid. Aprecia que en el dibujo del de Bruselas, la manga izquierda de la Virgen era corta, como en los de Londres, Berlín y Madrid. En la cabeza de San Juan pone de manifiesto un importante ensayo preparatorio, observa que los pliegues de los mantos casi no se corresponden con los del cuadro final, y también muestra otros cambios menores o menos visibles.

Sonkes (1970)<sup>17</sup>, al estudiar el dibujo subyacente en los Primitivos Flamencos llega a la conclusión de que Roger van der Weyden sólo sitúa las líneas principales de la composición,



12. Bruselas, Musées Royaux des Beaux Arts de Belgique. Núm. de catálogo: 516. Copyright A.C.L. Bruxelles



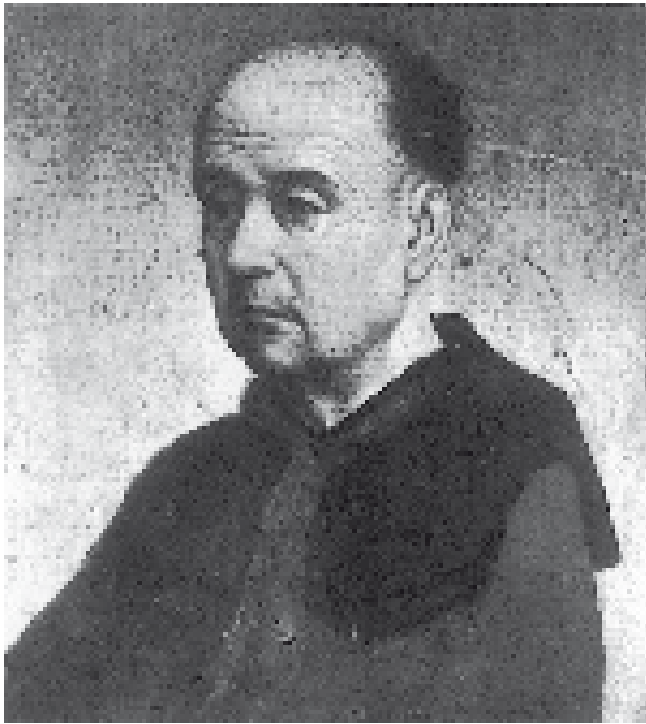
13. Londres, National Gallery. Num de catálogo: 6265. Reproducido por cortesía de la Dirección The National Gallery, London.

trazándolas con pincel a mano alzada estudiando las formas directamente sobre el cuadro e introduciendo cambios a nivel de dibujo y con la pintura misma, particularidades de él y su taller que son distintas de las de otros Primitivos Flamencos.

Davies (1972)<sup>18</sup>, ha escrito de la pintura de Madrid que: "tiene una forma en la parte superior, de un tipo muy corriente durante algunas décadas de principios del siglo dieciséis, teniendo fechado el primer ejemplo de esto aparentemente en 1496; esto fue señalado por Winkler, en *Zeitschrift für Kunstgeschichte*, volumen IX, 1940, pp. 66 f., pero el Dr. Xavier de Salas examinó el cuadro y amablemente indicó al autor de estas líneas que él consideraba que éste había sido cortado a su forma actual algún tiempo después de ser pintado". Sonkes (1972)<sup>19</sup>, estudió comparativamente el dibujo subyacente de los cuadros de Londres, Bruselas y Madrid, no pudiendo hacerlo con el de Berlín por carecer de fotografía con infrarrojos. El dibujo del cuadro de Bruselas, por su calidad y las numerosas variaciones en la colocación de

las figuras, le permite afirmar que es obra de un artista creador y lo tiene por un original de van der Weyden pues sólo en él encuentra un dibujo comparable al del tríptico de Granada. En el cuadro de Londres observa que el dibujo presenta importantes contrastes, unas zonas sombreadas con trazo ancho y otras con trazo fino, junto a otras encajadas con un dibujo más bien lineal, siendo las reformas numerosas pero siempre menores, por todo lo cual este dibujo es en su opinión el trabajo de un artista creador pero más bien como una obra de taller. En la Piedad del Museo del Prado no ve un dibujo creativo sino más bien un trabajo aplicado pero con pocas investigaciones en su realización, pareciéndole claramente una copia.

En esta misma publicación, Sonkes (pág. 172), intenta buscar la filiación de estas composiciones ensayando la reconstitución teórica de una hipotética primera versión rogeriana, de la que serían adaptaciones los cuadros de Bruselas y Londres. Para esto se basa sobre todo en las composiciones de Berlín y Madrid y en las semejanzas entre estas



14. Bruselas colección Koecklenberg. Retrato de M. Broers. Reproducido por cortesía de M. Koeckelemborg.

obras con el primer estado de la de Bruselas, especialmente: "Era probablemente un cuadro de forma alzada con la Cruz completamente visible. Tenía a la izquierda el grupo de Cristo, la Virgen y San Juan y a la derecha un cuarto personaje que no es posible identificar. El Cristo era sin duda semejante al de las tres versiones de Madrid, Londres y Bruselas, La posición de la cabeza y de las manos de la Virgen era igualmente comparable a la de los tres cuadros citados, muy parecidos en esta parte. Sus mangas debían corresponder a los dos primeros y al estado inicial del tercero. Su manto debía ser conforme al de las versiones de Madrid y Londres, que se parecen, y no al de la versión de Bruselas en el que abundan las investigaciones en el asentamiento; no sería imposible que, también en esta zona, un primer bosquejo corresponda grosso modo a las otras dos versiones, La actitud de San Juan era probablemente conforme al ejemplar madrileño y al primer estado de la versión de

Bruselas y sus vestidos se parecían probablemente más al del ejemplar de Madrid."

Van Schoute y van Asperen de Boer (1975)<sup>20</sup>, al profundizar más en el dibujo subyacente del cuadro de Londres, mediante la reflectografía, hacen notar entre otras importantes observaciones que, la diferencia de tratamiento del dibujo entre las dos áreas principales, la de Cristo y María y la del resto de los personajes y figuras, pudiera reflejar en cierto modo el hecho de que Cristo y María forman una composición que se puede encontrar casi igual en otras piedadades<sup>21</sup>, mientras que el Donante y los Santos, tratados en el dibujo de forma ligera y casi idéntica, pudieran corresponder a unos santos "tipo" añadidos a una composición "estandard".

Roberts-Jones (1975)<sup>22</sup>, en el Boletín del IRPA que hemos contribuido a realizar en memoria de Paul Coremans, defiende con variados argumentos la importancia del cuadro de Bruselas; para él es la representación de La Piedad exclusivamente, sin distracción con otros ingredientes, y considera un error las comparaciones que con el cuadro de Londres se han venido publicando desde comienzos de siglo las cuales nacen con el comentario de Friedländer de 1903 que sitúa estos cuadros como una misma composición. Con esta línea, recorre pormenorizada mente la bibliografía señalando las preferencias de unos y otros por cada una de las cuatro obras y cuantas opiniones las han situado, desde 1906, como copias libres de un original perdido, aportando así un sustancioso estudio comparativo de tan famosa polémica.

#### 4. CONSERVACIÓN

Su materia no inspira temor. La pintura se muestra bien adherida, la preparación está sana y el soporte es muy estable. La capa de barniz intermedia une perfectamente la estructura original con la añadida y se comporta bien. Los pequeños retoques moder-



15. Berlin-Dahlem, Gemaldegalerie der Staatlichen Museen. Num. de catálogo: 526 A. Reproducido por cortesía de la Dirección de Gemaldegalerie Berlin.

nos están muy mal hechos pero casi no se notan. El cristal no parece necesario pero como la tabla ha vivido con él desde hace muchos años y siempre supone una protección ante agresiones físicas, se lo hemos vuelto a poner. Las chapas metálicas que lo sujetan contra el marco ejercen una presión que inicialmente nos pareció excesiva, pero que ahora no nos preocupa por haber visto que la disposición del corte de la madera la hace prácticamente indeformable en este sentido, por lo que hemos vuelto a colocarla en idénticas condiciones. Comparativamente al resto de las colecciones del Prado, está bien y no recomendamos ninguna intervención pues consideramos -que la obra original y las adiciones posteriores se han sumado en una personalidad nueva, testimonio auténtico y completo de su dimensión cultural. Seguiremos estudiándola cuando el avance en las instalaciones técnicas del Museo del Prado nos ofrezca nuevas posibilidades. ■

## NOTAS

1 Friedländer, M. J. "Early Netherlandish Painting. 11. Rogier van der Weyden and the Master of Flémalle", pág. 64, lám. 4041. Leyde, Bruselas, 1967. 1) The National Gallery, Londres, Cal. 6265. (35 x 44), 2) Musées Royaux des Beaux Arts de Belgique, Cato 516. (31 x 46), 3) Staatlichen Museen, Berlín, Cal. 526a. (46 x 33), y otra composición similar que sitúa en una colección privada en ¿Nápoles?

2 Para la adquisición de estos recursos se han utilizado fondos esencialmente ajenos a los presupuestos del Museo:

En 1975, el Fondo Nacional de Ayuda a la Investigación, dependiente de la Presidencia del Gobierno, nos concedió un millón de pesetas para la adquisición de los equipos de Rayos X y de reflectografía con Infrarrojos, aportando el Museo una cantidad menor complementaria.

En 1977, la UNESCO a través del Programa de Participación de los Estados Miembros, aprobó la solici-

tud que teníamos presentada para un microscopio de investigación, teniendo también que aportar el Museo una cantidad complementaria.

En 1978 se ha concedido una Ayuda Institucional por valor de 35.111 \$USA, solicitada al Acuerdo Complementario n.º 4 del Tratado de Amistad y Cooperación entre España y USA, destinada a la adquisición de un equipo de análisis por Energía Dispersiva de Rayos X de fabricación americana, útil para el análisis de pigmentos, teniendo también que atender el Museo a la adquisición de algunos complementos necesarios.

El Museo del Prado se ha propuesto dotar sus instalaciones con un Laboratorio similar al existente en otras grandes pinacotecas y para ello, cuenta con un proyecto global que permite encauzar las líneas fundamentales de a) adquisición de instrumentos, b) adaptación de locales, y e) dotación de personal especializado, habiendo recibido la asesoría del experto Mr. J. R. J. van

Asperen de Boer en Misión UNESCO, 597.856 de diciembre de 1978, debiéndose a su iniciativa la selección del cuadro nº 2.540 para hacer este estudio.

3 En la madera se aprecian con bastante claridad los tres planos anatómicos fundamentales, no ofreciendo ninguna duda su caracterización como Roble por examen a simple vista. Por esto hemos omitido la toma de muestras para su identificación al microscopio, aunque si fuera preciso hacerla algún día para investigaciones de otro orden, nuestra técnica permite hacerla sin que el daño sea perceptible a simple vista: para ello tomamos tres láminas pequeñísimas en tres puntos de la madera que tengan una orientación correcta y las procesamos con la misma técnica de elaboración de las láminas delgadas de pintura.

4 La reparación de esta fractura tiene la apariencia de ser antigua, pero se podría conseguir una opinión más segura en caso de necesidad, por análisis del  $C_{14}$ , en los excedentes de cola y en la estopa superficial, lo que no afectaría significativamente a la obra.

5 El examen se ha realizado con dos lámparas Philips HP 125 W fotografiando con Kodak Plus X y filtro amarillo.

6 Hemos trabajado con un equipo Baltographe 5-50 según la técnica de van de Voorde, G. "Het gebruik van de Cronaflex-film voor de radiografie van schilderijen", en Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique, vol. XIV, páginas 34-38, Bruselas, 1973-74, con las siguientes condiciones operativas: 45 Kv, 15 mA, 3 minutos, 1,5 metros de separación entre foco y película, material sensible Cronaflex-film projection tipo B, Revelador papel Agfa.

7 Equipo construido siguiendo las especificaciones de Mr. J. R. J. van Asperen de Boer, utilizando un equipo base de fabricación Siemens y un Vidicon Hamamatsu 214 IND.

8 En "Arte España!", 1926-27, pág. 34.

9 Catálogo del Museo del Prado, 1972, pág. 780, n.º 2.540. Winkler, F. "Die Altniederlandsche Malerei in Belgien und Holland van 1400-1600", Berlín, 1924, pág. 77 y pág. 89, fig. 42.

10 Katalogus van de Retrospectieve Ten-<sup>e</sup> toonstelling van het Tooneellevens te Mechelen, 6 maart-3 april 1927, Mechelen 1927, pág. 33, n.º 91.

11 Le Maire, O. "Vers l'identification d'un Portrait exécuté par Roger van der Weyden", en Bulletin de

la Société Royal d'Archéologie de Bruxelles, vol. VII, número 4, 1935, págs. 107-112, figs. 1 al 5.

12 A Mme Deroubaix del "Centre National de Recherches Primitifs Flamands" en Bruselas debemos la información sobre este retrato, y en su carta de 13-2-79 nos confirma la posibilidad de utilizar los datos en este estudio. Le agradecemos muy especialmente su amistosa y útil colaboración.

13 Friedländer, M. J., opus. cit, nota 1.

14 Destée, J. "Roger de la Pasture van der Weyden", Edt Givan Oest, París-Bruselas 1930, tomo 1, pág. 147 y tomo II, figs. 84-87.

15 Davies, M. "The National Gallery, London (Les Primitifs Flamands, Corpus de la peinture...)", vol. III, pág. 52-57.

16 Van Asperen de Boer, J. R. J. "infrared Reflectography: a contribution to the examination of earlier european paintings", Tesis Doctoral Universidad de Amsterdam, julio, 1970. Publicación del Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam, 1970, pág. 71 y figs. 23, 24 y 25.

17 Sonkes, M. "Le dessin sous-jacent chez les Primitifs Flamands", en Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique, vol. XII, pág. 222-223. Bruselas, 1970.

18 Davies, M. "Rogier van der Weyden An Essay with a critical Catalogue of Paintings assigned to him and to Robert Campin", pág. 221. Phaidon, Londres, 1972.

19 Sonkes, M. "Le dessin sous-jacent chez Roger van der Weyden et le probleme de la personnalite du Maitre de Flémalle", en Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique, vol. XIII, páginas 167 a 172. Bruselas, 1971-72.

20 Van Schoute, R. and van Asperen de Boer, J. R. J. "A note on the examination with infrared reflectography of some paintings of the Group van der Weyden / Flémalle", en ICOM, Committee for Conservation, 4 th Triennial Meeting, 75/4/7, pág. 3 y fig. 3. Venecia, 1975.

21 Van Schoute, R. "La Chapelle Royale de Granada (Les Primitifs Flamands, Corpus de la Peinture... Bruselas, 1963, pág. 100.

22 Roberts-Jones, Ph. "La Pietá de van der Weyden: Réflexion sur la notion de variante" en Bulletin de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique "Miscellanea in Memoriam Paul Coremans", vol. XV, páginas 338-350, Bruselas 1975.

## 6.4. Dibujos subyacentes en las obras de Fernando Gallego



El presente estudio se propone establecer un complemento de información técnica sobre los cuadros: 1. "Cristo Bendiciendo" (n.º de cat. 2647); 2. "El Calvario" (n.º de cat. 2997); 3. "La Piedad" (n.º de cat. 2998) y 4 "El Martirio de Santa Catalina" (n.º de cat. 3039).

Se ha analizado sistemáticamente en cada una de las obras, el dibujo subyacente revelado por la reflectografía infrarroja, la imagen radiográfica, la estructura de la capa pictórica y la composición de los materiales originales que forman el soporte, la preparación, los pigmentos y aglutinantes. El examen comparativo de estos resultados pone de manifiesto, pese a las peculiaridades de cada una, la similitud existente entre "Cristo bendiciendo" y "La Piedad". Respecto a las otras dos tablas, "La Crucifixión" muestra caracteres bastante próximos a las anteriores, mientras que "El Martirio de Santa Catalina" se diferencia netamente de todas ellas.

Finalmente, se examina el estado material de los cuadros desde el punto de vista de su conservación.

### TÉCNICAS ANALÍTICAS

Reflectografía infrarroja mediante circuito cerrado de TV de fabricación Siemens, cámara modo K2B, monitor modo C72145-A48- ALL bis-A18 de 23 centímetros, objetivo "zoom" Vari-Optik 18-90/2 Variogon, vidicon Hamamatsu, tipo N-214, iluminación de barra de cuarzo; fotografía de pantalla, material sensible Plus-X. Radiografía mediante equipo radiográfico Balteau 5-50 kV 20 mA, material sensible: Cronaflex-film projection tipo B y Kodak X-Omat triple film 30 x 30. Técnica de toma radiográfica sobre gran formato. Estructura de la capa pictórica mediante examen estratigráfico de láminas delgadas



5. Cristo bendiciendo. Montaje de los reflectogramas infrarrojos.



6. Dibujo subyacente del busto de Cristo. Reflectografía infrarroja.

montadas en metil-metacrilato. Microscopio de fabricación Reichert, modo Zetopan Pol con binolux.

Análisis de pigmentos mediante determinación de iones cromóforos por espectrometría de rayos X en dispersión de energía, equipo de fabricación Kevex modo 7000 con fuente de Am 241.

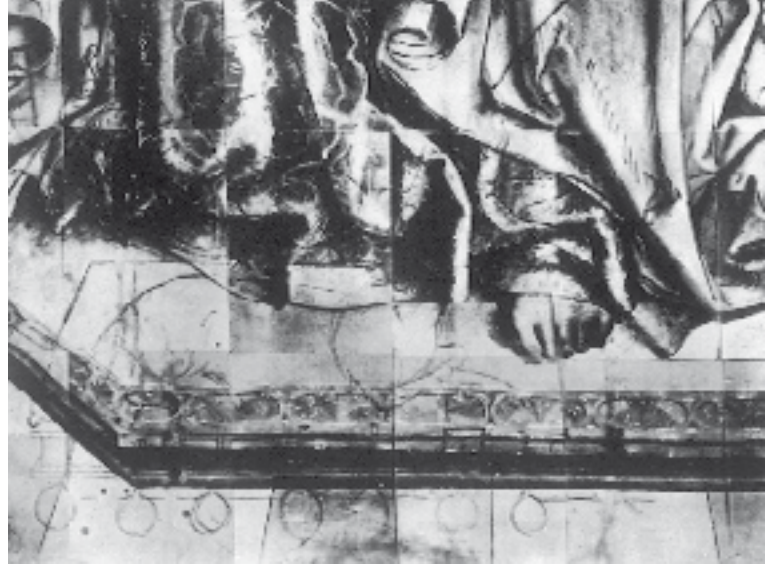
Determinación de aglutinantes mediante ensayos de solubilidad.

## 1. CRISTO BENDICIENDO (nº de catálogo 2647)

### INTRODUCCIÓN

Tiene unas dimensiones de 167,5 ( $\pm$  0,5) x 131,5 ( $\pm$  0,5) centímetros, pero el área pintada se reduce a 135 ( $\pm$  1) x 125 ( $\pm$ 2) centímetros ya que la parte superior y los bordes del soporte se reservan para la colocación de la arquitectura del retablo.

Se considera obra indiscutible de Fernando Gallego, realizada para el retablo de San



7. Dibujo subyacente del Cordero Místico sobre el Libro de los Siete Sellos. Reflectografía infrarroja.

Lorenzo de Toro presumiblemente antes de 1492, fecha del fallecimiento de Don Pedro de Castilla que fue su donador. En el siglo XVIII es desmontada del conjunto y tras pasar por distintas manos la adquirió F. Kleinberguer, llevándola a la exposición del "Toisón de Oro" celebrada en Brujas en 1907. En 1913 fue comprada por Pablo Bosch quien la legó al Prado en 1915<sup>1</sup> (Fig. 1).

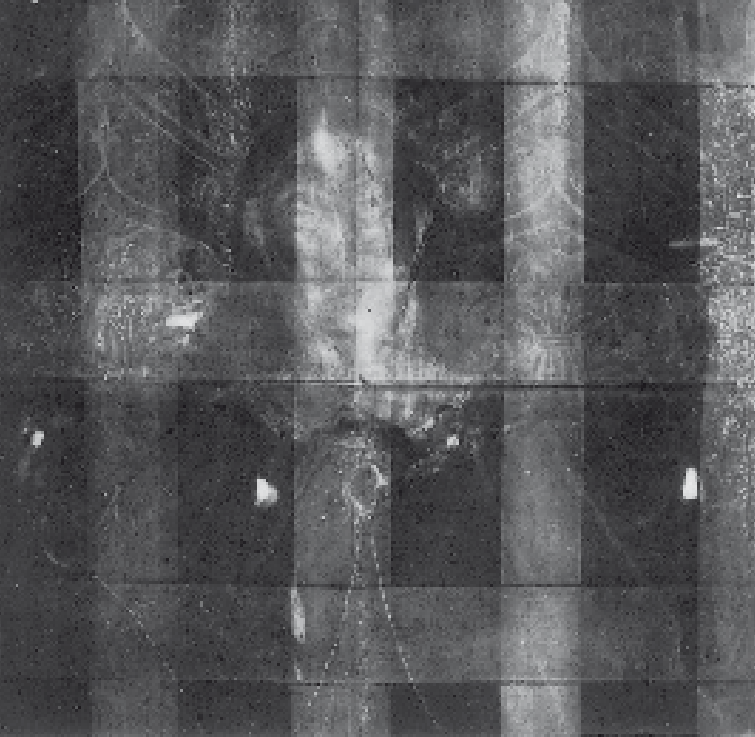
### REFLECTOGRAFÍA INFRARROJA

El principal resultado de esta técnica analítica es el dibujo subyacente <sup>2</sup>. Pone de manifiesto los trazos realizados a pincel sobre la preparación <sup>3</sup> (Fig. 5).

El dibujo se realiza mediante trazos gruesos que no olvidan ningún detalle de la composición; éstos, en el contorneado de las figuras y demás componentes son largos, mientras que en el modelado se efectúan cortos, paralelos y sensiblemente curvos; en algunos de ellos se observa el goteo, lo que retuerza la teoría de su ejecución a pincel y personaliza la técnica de dibujo que como veremos se repite en algunos de los cuadros que a continuación se estudian.

En la figura de Cristo, la zona de la cabeza es confusa. Bajo la pintura se aprecia un proyecto diferente, que muestra una situación más baja en la colocación del rostro, en donde se delimitan claramente los ojos y una complicada corona, ubicada bajo la frente





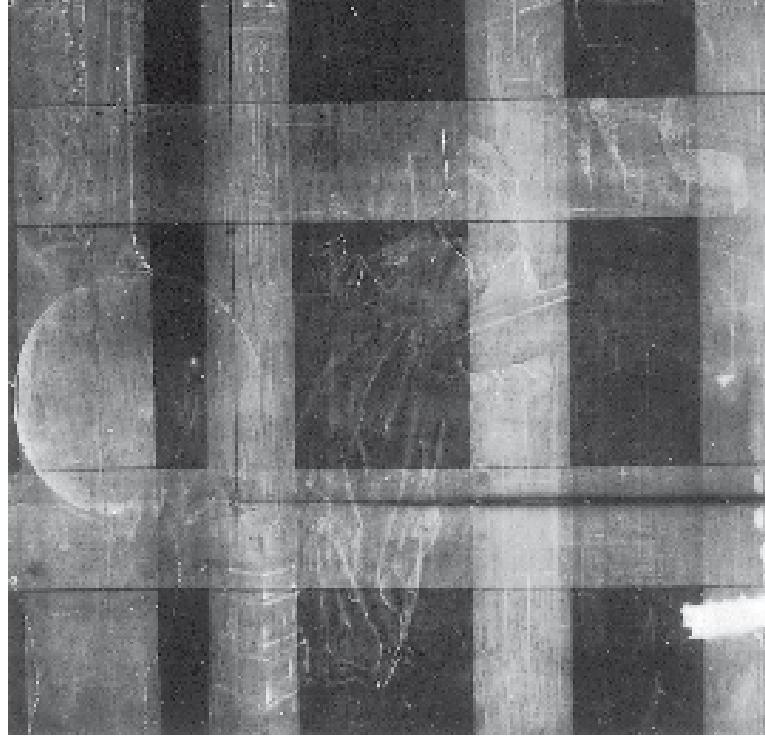
8. Radiografía- Detalle del busto de Cristo.

de la figura visible <sup>4</sup> (Fig. 6). En las vestiduras se aprecia un dibujo lineal muy marcado en sus contornos y en los pliegues de las formas fundamentales, que no se ajusta siempre a lo realizado con la pintura. En general, las formas están poco modeladas y el sombreado se realiza con un trazo curvilíneo muy característico. El borde de la capa y el broche que la sujeta han sido situados en el diseño por debajo del visible, notándose un descenso similar al que se aprecia en el rostro, lo que abunda en la apreciación de que existe un desfase vertical entre el dibujo y la pintura en el busto de Cristo.

También se realizaron ligeras variaciones en la posición de ambas manos. Se observa bajo sus pies la aparición del "Cordero Místico" sobre el libro cerrado del que penden siete sellos <sup>5</sup> (Fig. 7).

Las cuatro figurillas del "Tetramorfos" presentan un dibujo lineal, sin modelado, en el que se ven pequeños desfases con respecto a la pintura particularmente en las alas, en la cabeza del águila, en los cuernos del toro, así como en los pliegues del vestido del ángel que no siguen en general los efectuados por el pintor.

En "La Iglesia" y "La Sinagoga" situadas a ambos lados del trono, existen ligeras modi-



9. Radiografía. Detalle de la Sinagoga.

ficaciones en la posición de los rostros y en los pliegues de los mantos, viéndose en la primera un estandarte mucho más alargado y de forma distinta.

El dibujo de la arquitectura y el trono, responde con fidelidad a lo realizado en la pintura, salvo los desplazamientos en el lado izquierdo superior y en la ventana del mismo lado.

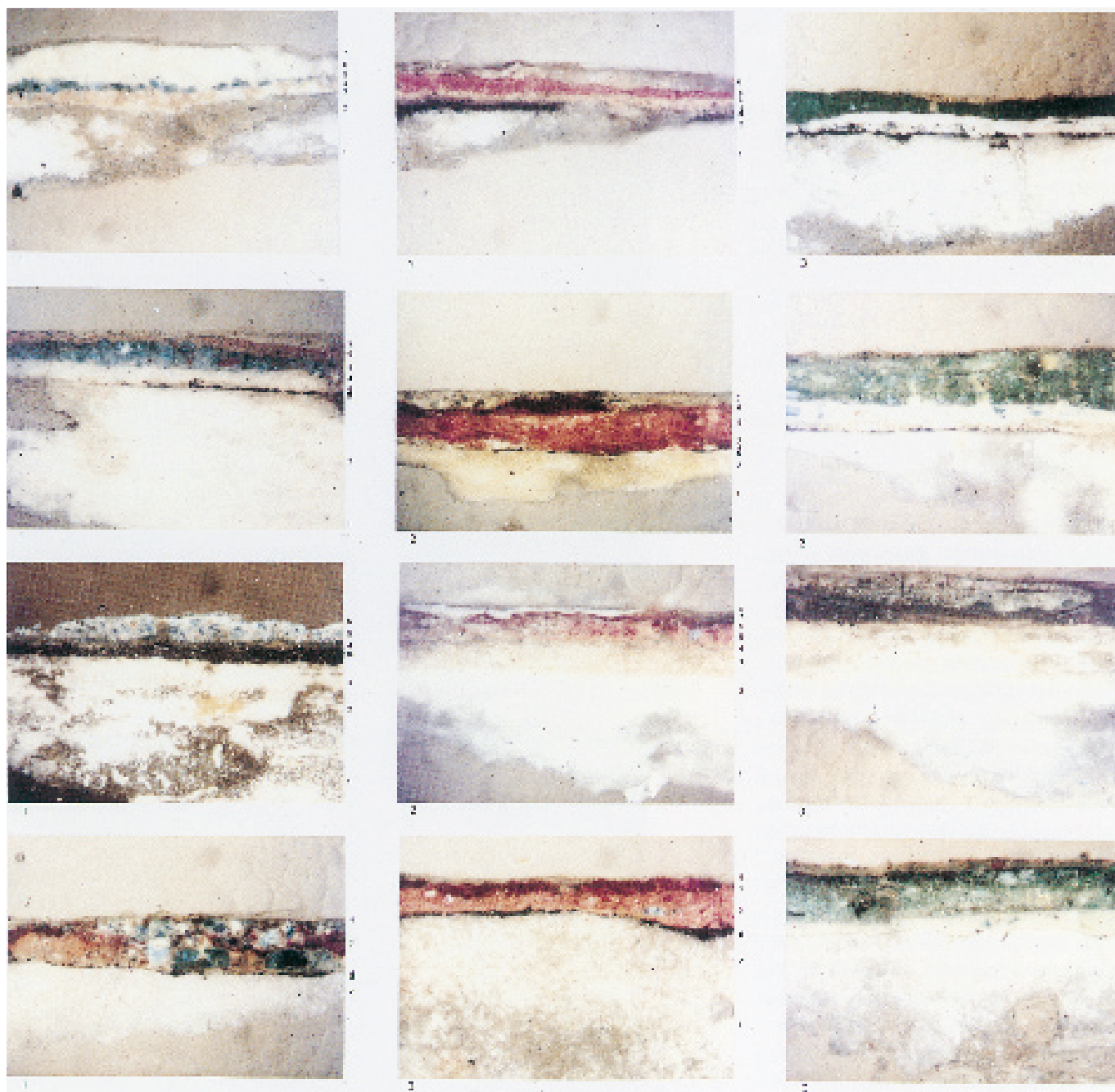
El dibujo subyacente muestra un proyecto que enriquece aún más la concepción iconográfica del cuadro, aportando la "Corona de Cristo" y el "Cordero Místico que cierra el Libro de los Siete Sellos", elementos que abundan como tema del cuadro en el "momento que precede al Juicio Final". En la realización, el pintor mantuvo el esquema iconográfico, simplificando los elementos que componen la escena.

## RADIOGRAFÍA

La imagen radiográfica acusa, en líneas generales, un contraste muy débil. lo que, unido a la perturbación que introduce el embarrotado de la tabla, hace que el documento obtenido tenga una lectura difícil, siendo preferible por esta razón mostrar pequeñas parcelas (Figs. 8 y 9) <sup>6</sup>.



1, 2, 3 y 4. Fernando Gallego: Cristo bendiciendo, El Calvario, La piedad y el Martirio de Santa Catalina.



10. Microfotografías 40 x. Iluminación mixta. Localización:

A) Cristo Bendiciendo: 1. Adorno del borde de trono: amarillo sobre azul; 2. Brocado de la túnica de Cristo: rojo-anaranjado; 3. Revés del manto de la Iglesia: verde.

B) El Calvario: 1. Túnica de San Juan: rojo muy oscuro. 2. Manto de San Juan: rojo; 3. Arbol del paisaje, lado derecho: verde.

C) La Piedad: 1. Manto de la Virgen: azul. 2. Gorro del donante: naranja. 3. Paisaje, lado derecho: transición del verde al marrón.

D) Martirio de Santa Catalina: 1. Manto brocado de un personaje del lado izquierdo: transición entre rojo y morado. 2. Manto del mismo personaje: rojo. 3. Arbol sobre el celaje: verde.

El examen pormenorizado indica que no hay cambios de composición a nivel de pintura, ajustándose perfectamente a la imagen visible.

Se puede observar la presencia de una corona circular alrededor de la cabeza de Cristo que fue grabada sobre la preparación, al igual que los sillares de la arquitectura, las losetas del suelo y algunos contornos. La mayor penetración de blanco en estas incisiones, produce un aumento en la densidad radiográfica de estas zonas (Fig. 8). También se pone de manifiesto la existencia de una tela que cubre la superficie de la parte pintada. y que, en el lugar reservado a la crestería, se reduce a unas bandas sobre las uniones de las tablas, llegando hasta el borde superior.

La densidad radiográfica se sitúa fundamentalmente en los tonos claros del cuadro, en las luces. en los amarillos del brocado, y en el naranja y amarillo de los mantos de "La Iglesia" y "La Sinagoga" respectivamente, que como veremos corresponden a pigmentos de "blanco de plomo, amarillo de plomo y estaño y rojo de cinabrio" lo que se justifica por la mayor absorción radiográfica de estos colores (Fig. 9).

## MATERIALES DE PINTURA

El soporte del cuadro es de madera de pino. Actualmente se encuentra embarrotado con el sistema antiguo de "barrotes fijos y móviles" que impiden el acceso directo para su estudio; por esto la interpretación de la estructura original solo puede acometerse desde la radiografía. Se aprecia que está compuesto por tres tablas verticales, unidas quizá por tres barrotes horizontales, de acuerdo con las marcas de los clavos, Y tal vez con lañas para la sujección de estos elementos <sup>7</sup>. La madera ha sido rebajada hasta un espesor uniforme de 0,8 centímetros ( $\pm 0,2$ ).

Sobre el soporte fue tendido un lienzo que se encuentra adherido con cola animal

cubriendo toda la zona pintada; unas tiras se prolongan sobre las uniones de las tablas y suben hasta el borde superior. La calificación técnica del tejido es la siguiente <sup>8</sup>:

- Urdimbre: una sola urdimbre.

Materia: cáñamo, un cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: 9- 11 hilos por centímetro.

- Trama: una sola trama.

Materia: cáñamo, un cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: 8-10 pasadas por centímetro.

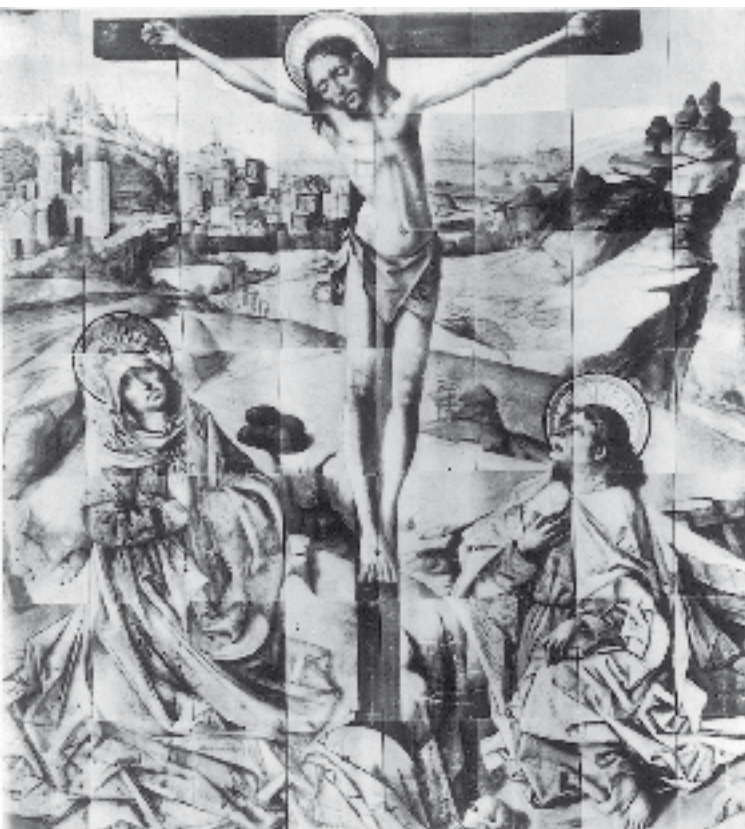
- Curso del ligamento: dos hilos y dos pasadas.

La preparación se realizó con un tendido de yeso grueso y un enlucido de yeso fino en superficie que lleva mezclado un poco de carbonato; ambas capas fueron ligadas con cola animal. En su final se presenta muy impregnada con una sustancia orgánica de tipo oleaginoso (Figs. 10-A).

Encima de la preparación se sitúa el dibujo, realizado con pintura negra a base de carbón orgánico (de madera o hueso) mezclada con una emulsión similar a la utilizada en las capas de pintura. Mide entre 10 Y 20  $\mu$ .

Velando el dibujo se observa una fina capa, entre 10 y 20  $\mu$ . que además sirve probablemente como imprimación del color. Se da con yeso, viéndose pequeñas impurezas de ocre naranja y negro.

El color se realiza por lo general muy directamente, una o a lo sumo dos capas de pintura son suficientes para la consecución del tono deseado, a excepción de los brocados o en caso de superposición de elementos, como pueden ser las figurillas y adornos del trono, en que se ven estructuras más complejas. Los pigmentos se aplican mezclados con sulfato de calcio (yeso) y una pequeña porción de blanco de plomo. En el rojo del manto de Cristo, sobre la primera capa realizada con esta base y laca orgánica carmín, se superponen una o más capas muy finas dadas con la misma laca directamente.



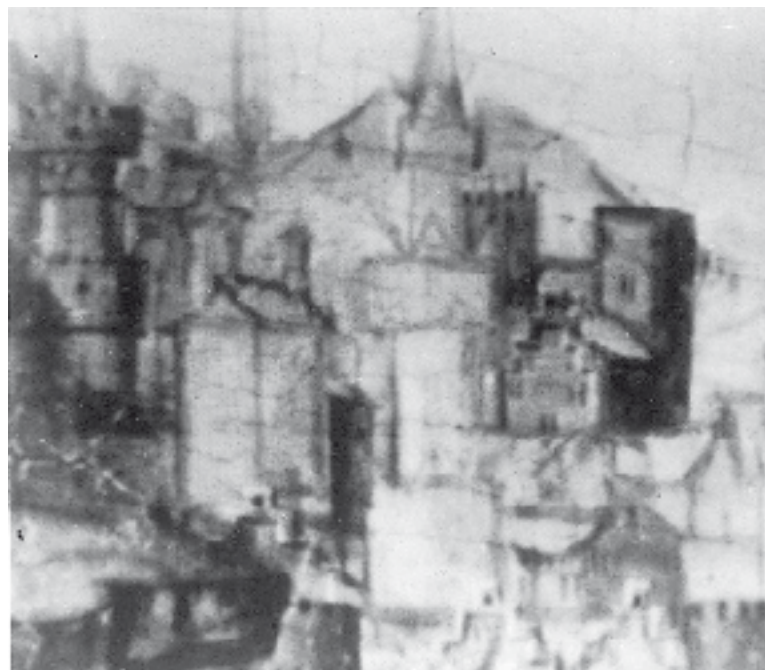
11. El Calvario: Montaje de las reflectogramas infrarrojas.

El bermellón solo se encuentra en el naranja del manto de "La Iglesia" mezclado con el amarillo de plomo y estaño para conseguir este tono.

Los estratos de color son en general bastante delgados, entre las 30 y las 80  $\mu$  de espesor total, correspondiendo un mayor tamaño a zonas en que éste se aplicó en una sola capa, sobre todo en los amarillos.

La zona respetada para la crestería no tiene el mismo tratamiento sobre una preparación de yeso muy basto, ha sido aplicada una capa de añil mezclado con negro orgánico. Los pigmentos utilizados por el pintor son los siguientes:

- Rojo: bermellón de mercurio, óxido de hierro y laca carmín.
- Blanco: yeso y blanco de plomo.
- Amarillo: amarillo de plomo y estaño.
- Azul: azurita y añil.



12. Dibujo subyacente de las casitas de la ciudad del fondo. Reflectografía infrarroja.

- Negro: negro orgánico de carbón o huesos.
- Verde: cardenillo de cobre.
- Marrón: óxido de hierro.

Los ensayos de solubilidad realizados con morfolina, sosa y agua nos inducen a pensar que el aglutinante del dibujo, la imprimación y las capas que constituyen el color es una emulsión de productos resinosos y protéicos.

## 2. LA CRUCIFIXIÓN (n.º de catálogo 2997)

### INTRODUCCIÓN

Tiene unas dimensiones de 0,91 ( $\pm 0,5$ ) x 83,5 ( $\pm 0,3$ ) centímetros. A los lados y en el borde superior se ha respetado un espacio que oscila entre 2 y 3 centímetros para la



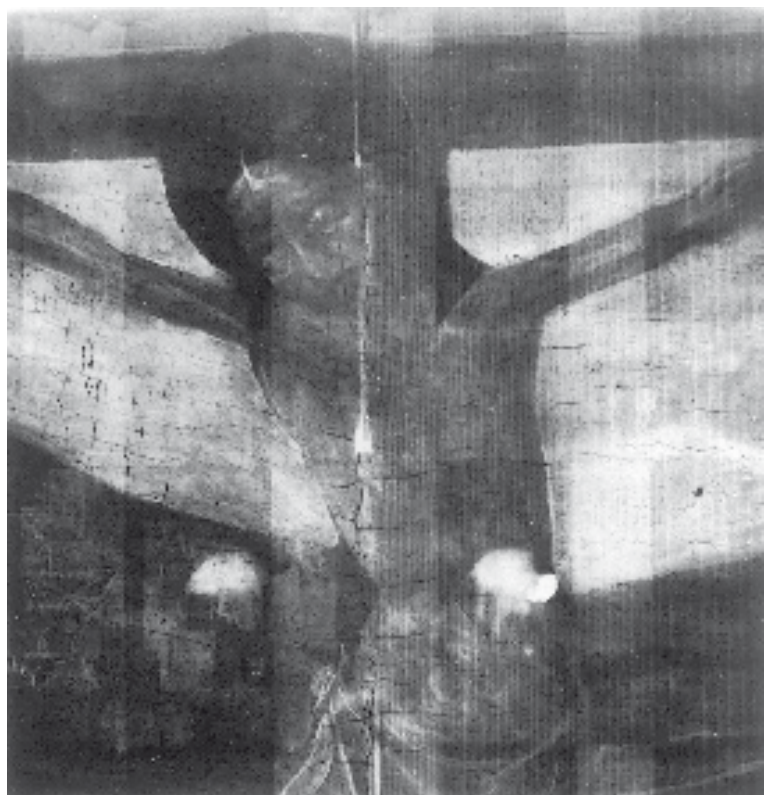
13. Detslle del sombreado del dibujo subyacente obtenido con reflectografía infrarroja en el manto de San Juan.

colocación del marco. El borde inferior de la tabla presenta síntomas de haber sido cortado; el superior muestra un rebaje con la máxima profundidad en el centro del soporte (0,5 cm.) y que va decreciendo uniformemente a ambos lados hasta los bordes laterales, de tal manera que define una forma sensiblemente curva.

Se desconoce su primitiva procedencia, pero Post la considera obra de la madurez del pintor, mientras que Gaya Nuño la sitúa hacia 1480. Pertenece al Museo del Prado desde el 26 de marzo de 1958 en que fue comprada por el Estado a la Señora de Weibel. Con anterioridad había pertenecido a la colección Vives<sup>9</sup> (Fig. 2).

#### REFLECTOGRAFÍA INFRARROJA

El proyecto del pintor puede ser estudiado con precisión en los reflectogramas obtenidos (Fig. 11). Las zonas más elaboradas son las de las figuras y las casitas del fondo, el resto se realiza de una manera más esquemática, situando de forma sencilla los distintos elementos de la escena. Los trazos fueron hechos a pincel variando en intensidad y grosor; son en general tenues, debido tal vez al poco

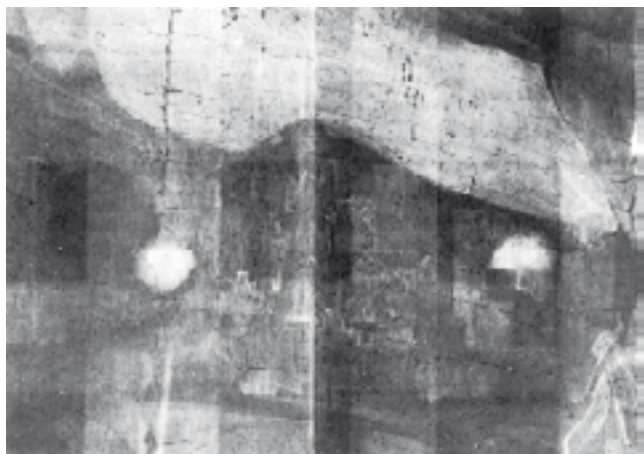


14. Radiografía. Detalle del busto del crucificado.

espesor del estrato de negro del dibujo que se observa en el examen estratigráfico (Fig. 10-B-2).

En los mantos de la Virgen y San Juan (Fig. 13) se pone de manifiesto un dibujo lineal de trazo firme y largo, marcando los pliegues quebrados, que se corresponden bastante bien con los realizados en la pintura, salvo en el lado izquierdo del manto de la Virgen. El sombreado se realiza con trazos cortos paralelos y sensiblemente curvos en algunas zonas, mientras que en otras se alargan sensiblemente las líneas mostrando una mayor soltura. En ambos casos se puede observar el goteo del pincel. En la figura de San Juan, la cara, el pie y las manos, acusan pequeños desplazamientos. Igual sucede en el rostro de la Virgen; sin embargo en sus manos la variación es más profunda existiendo gran confusionismo en los dedos.

El crucificado se ve dibujado en su contorno, mostrando ligeramente el típico sombrea-



15. Radiografía. Detalle de las casitas del fondo.

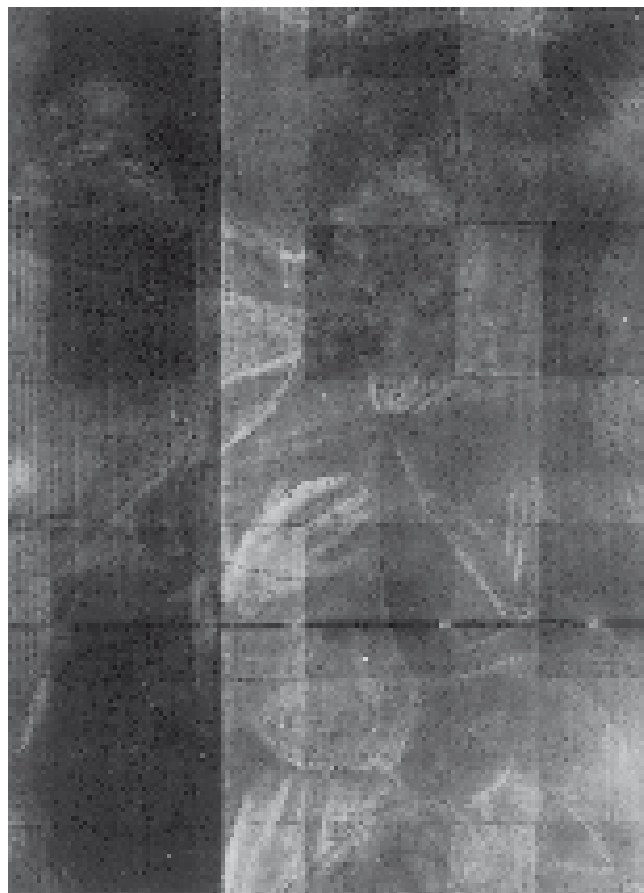
do curvilíneo en el torso y en el rostro (Fig. 11). El dibujo pone de manifiesto que la posición del clavo de los pies estaba fijada ligeramente más alta y un poco más a la izquierda.

En el paisaje la colocación de rocas y arbustos se esbozó de una forma simple, no coincidiendo en muchas ocasiones con los existentes en la pintura. La ciudad que se sitúa al fondo encaja en líneas generales bastante bien, salvo la corrección de algunas de las torres y techumbres de las casitas (Fig. 12).

### RADIOGRAFÍA

La radiografía muestra un contraste aceptable para la valoración de las formas, por ser suficientes los pigmentos radiográficamente densos y por que el embarrotado fue realizado en madera de densidad parecida a la de la tabla original por lo que la perturbación que introduce en el documento es menor y favorece la legibilidad del mismo <sup>10</sup> (Figs. 14, 15 Y 16).

No existen cambios de composición a nivel de pintura. Los espacios se delimitan con gran precisión ocupando los distintos elementos del cuadro su actual posición. Es interesante el contraste radiográfico que se observa en los vestidos de la Virgen y de San Juan, mientras que en la obra son de color oscuro. Esto es



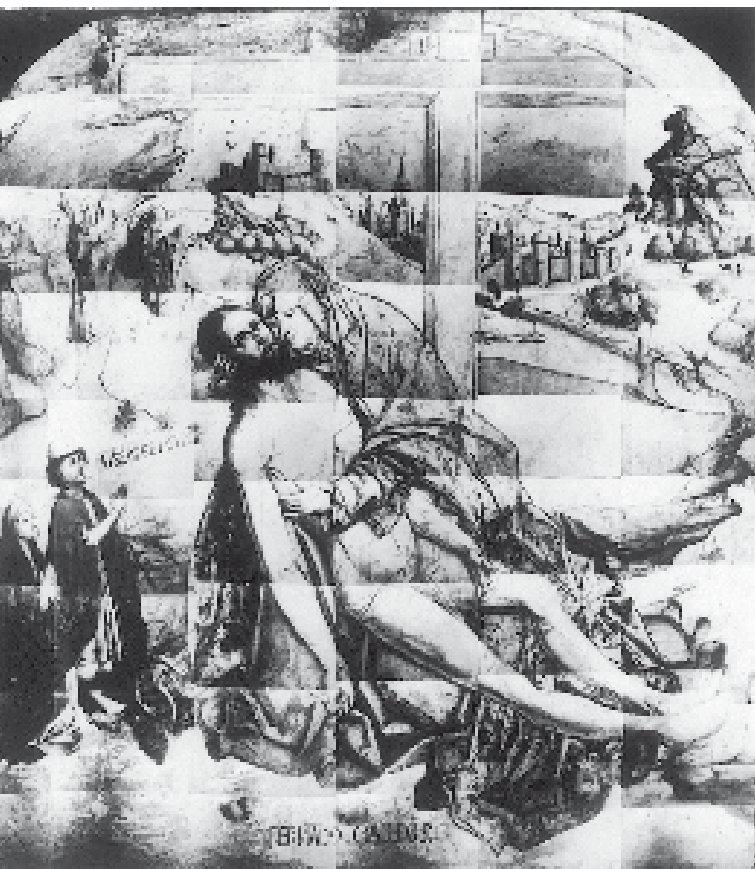
16. Radiografía. Detalle de San Juan.

debido a que bajo la capa roja muy oscura visible, existe otra de color azul que es la responsable de la absorción de los rayos X.

El examen radiográfico define en el borde inferior los saltados de la capa pictórica que apoyan la apreciación visual de que el cuadro haya podido ser cortado en algún momento de su historia material.

### MATERIALES DE PINTURA

El soporte es de madera de pino. Su estructura original ha sido estudiada a través del documento radiográfico, ya que el embarrotado que le fue aplicado por el sistema antiguo de "barrotes fijos y móviles", no permite el examen directo. Su espesor también se modificó rebajándose a 1 centímetro ( $\pm 0,2$  cm.). Está formado por la unión de dos



17. La Piedad: Montaje de los reflectogramas infrarrojos.

tablones verticales atravesados por dos barrotes horizontales, según se desprende de las marcas dejadas por los clavos de sujeción.

Encima de la madera fue colocada: una ligerísima capa de estopa de cáñamo que ha podido ser observada en algunas estratigrafías.

La preparación de la tabla se realizó en dos veces pero con igual materia; se trata de una mezcla de carbonato de calcio y yeso ligados con cola animal.

La superficie se encuentra por lo general muy impregnada con productos orgánicos de tipo oleaginoso.

Sobre la preparación se sitúa el dibujo subyacente. Es una finísima capa de negro orgánico de carbón o huesos (de 0,2 a 0,5  $\mu$ ) cuyo aglutinante es oleaginoso.

El estrato siguiente sirve como "Imprimación" y veladura del dibujo. Es una capa que mide



18. Dibujo subyacente de la zona central del cuadro. Reflectografía infrarroja.

entre 10 y 30  $\mu$  compuesta de sulfato de calcio y un poco de blanco de plomo con pequeñas impurezas de óxido de hierro y negro orgánico.

El color se elabora por lo general por medio de dos o tres estratos que suelen tener un grosor cada uno entre las 20 y las 60  $\mu$ . Los de mayor tamaño son los que corresponden a azules y verdes de mantos y vegetaciones, siendo de menor espesor en celajes, paisaje en general y carnaciones. Los rojos del manto de San Juan siguen el siguiente esquema: una capa de laca orgánica carmín, otra de blanco de base y la misma laca mezclados y encima, si es una zona oscura, vuelve a ser aplicada la laca carmín directamente (Fig. 10 B-2). El vestido del Santo fue realizado con dos capas de blanco a las que se les añadió azurita (más abundante en la segunda que en la primera) y sobre ellas se superpuso una más fina de laca orgánica roja (Fig. 10-B-I).





19. Dibujo subyacente de los rostros de la Virgen y Cristo. Reflectografía infrarroja.



20. Dibujo subyacente de la cabeza de la Virgen en el que se puede estudiar con precisión el detalle del trazo. Reflectografía infrarroja.

Este es el motivo del mayor contraste radiográfico de esta zona y de que con reflectografía U. V. se vea en tono azul. En el vestido de la Virgen se ha realizado un tratamiento similar, si bien la segunda capa de blanco y azul se ve incrementada por la presencia de laca orgánica carmín. Los arbolitos del paisaje se han superpuesto a los fondos de celaje como se puede comprobar en el examen estratigráfico (Fig. IO-B-3). Las materias colorantes fueron aplicadas por el pintor mezcladas con yeso y blanco de plomo, a excepción de la laca carmín cuando es aplicada directamente.

Los materiales utilizados en la elaboración del cuadro son los siguientes:

- Rojo: laca orgánica y bermellón de mercurio (muy poco).
- Blanco: blanco de plomo y sulfato de calcio.
- Amarillo: amarillo de plomo y estaño.
- Azul: azurita.
- Negro: negro orgánico de carbón o huesos.
- Verde: cardenillo de cobre.
- Marrón: óxido de hierro.
- Oro: pan de oro.

Las pruebas de solubilidad realizadas parecen indicar que el aglutinante utilizado en las diversas capas que componen la estructura

del color es una emulsión de productos resinosos y protéicos.

### 3 LA PIEDAD (nº de catálogo 2998)

#### INTRODUCCIÓN

Tiene unas dimensiones de 118 ( $\pm 0,5$ ) centímetros x 111 ( $\pm 0,8$ ) centímetros. Los ángulos superiores fueron reservados para la colocación del marco en forma de arco.

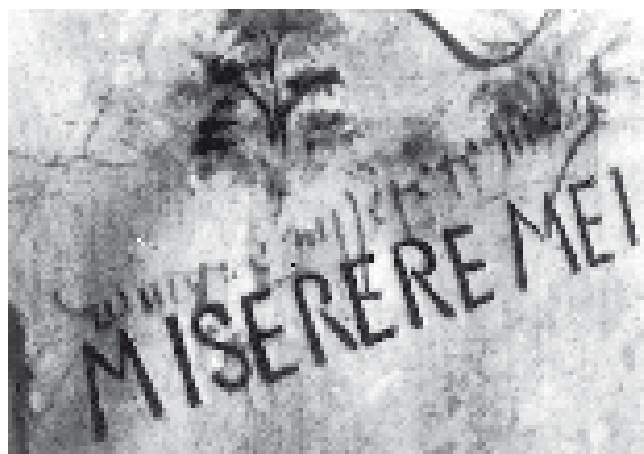
Es considerada una obra de la primera etapa del pintor, estando firmada en la parte baja central. El examen efectuado con fluorescencia ultravioleta muestra el buen estado de la misma y su autenticidad (Fig. 23). En 1913 figuró con el n.º 320 en la Exposición Diocesana del Centenario de Constantino celebrada en Madrid, procedente de la Colección Weibel, a cuya Señora Doña Ana Baliski fue comprada por el Estado junto con "El Calvario" el 26 de marzo de 1958 para el Museo del Prado. Con anterioridad a estas fechas había pertenecido a la Colección Vives <sup>11</sup> (Fig. 3).

#### REFLECTOGRAFÍA INFRARROJA

El dibujo subyacente está realizado a pincel sobre la preparación, mediante trazos largos



21. Detalle del dibujo subyacente de los donantes. Reflectografía infrarroja.



22. Reflectografía infrarroja. Inscripción subyacente.

y gruesos para marcar las líneas fundamentales, y cortos paralelos y sensiblemente curvos para el modelado, observándose el goteo del pincel en diversas zonas. Tiene una fuerte intensidad resaltando la similitud con el dibujo estudiado en el "Cristo Bendiciendo" (Fig. 17).

La escena central presenta el dibujo más elaborado de la composición y en él se pueden observar con precisión las características que antes apuntábamos. El trazado de los paños es muy lineal señalando con firmeza la angulosidad de los mismos, que por lo general coinciden con los realizados en la pintura. Las formas están poco modeladas, siendo en el vestido y manto de la Virgen en donde únicamente se puede apreciar el sombreado (Fig. 18). Algunas zonas aparecen un tanto confusas debido a que están muy restauradas.

En el rostro y en las manos de la Virgen se aprecian ligeras modificaciones en su posición, destacando la del ojo izquierdo, nariz y boca; ésta última le da a la cara una expresión menos patética de la que tiene en la pintura. Es interesante observar la precisión del dibujo en esta zona, que le ha llevado al pintor a sombrear el blanco del ojo de la Virgen (Figs. 19 y 20).

En la figura de Cristo yacente vemos que las líneas que contornean y dan forma a las



23. Fluorescencia ultravioleta de la firma.

zonas redondeadas de su cuerpo son de trazo más movido y nervioso, mostrando pequeñas rectificaciones en su encajamiento general. Los cabellos dibujados caen sobre su hombro en abundantes rizos que luego no fueron efectuados en la realización de la obra.

Los donantes están dibujados en sus líneas fundamentales, presentando rectificaciones y desplazamientos generales. La capa era más ampulosa, los rostros fueron colocados por encima de los efectuados y las manos del donante muestran una postura diferente, que se asemeja a la que tienen las de la figura femenina (Fig. 21).

En el paisaje que rodea la escena el pintor se muestra detallista en el dibujo, no olvidando ni los más pequeños elementos como

pueden ser las distintas construcciones que componen la ciudad del fondo. los animalitos, figurillas, etc. En la realización de la cruz y de este paisaje emplea el trazo largo, intenso y lineal, que se curva en algunas ocasiones adaptándose a las formas de las rocas y árboles, no correspondiendo, a veces, con la realización final de la pintura.

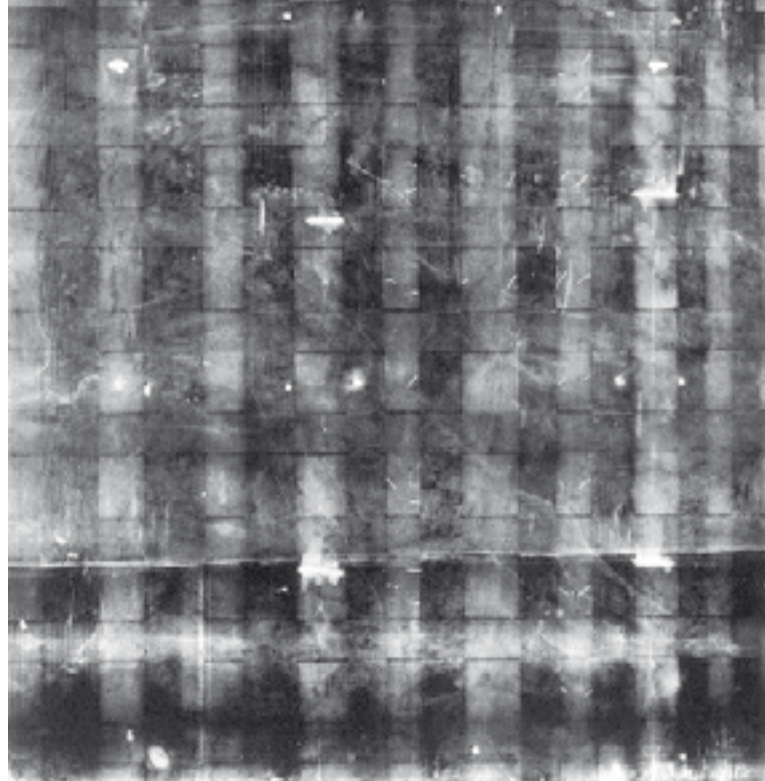
Muy interesantes resultan los dos letreros que aparecen en los reflectogramas. El primero se sitúa en el manto de la Virgen en la zona que corresponde más o menos con su hombro y en él podemos leer con claridad: para indicar el color azul con que se debe pintar. El segundo se encuentra sobre el letrero que aparece en el cuadro "MISERERE MEI DÑE". El dibujo con letra cursiva de la época dice:

"domine miserere mei" (Fig. 22).

#### RADIOGRAFÍA

La imagen radiográfica, como se ve en el documento, es muy débil. Para mejorar su legibilidad, muy confusa por el embarrotado general que se aplicó al soporte, se ha aumentado el contraste con la aplicación de un papel semitraslúcido para enmascarar los barrotes <sup>12</sup> (Hg. 24).

En líneas generales no hay grandes cambios de composición ajustándose con bastante exactitud la imagen radiográfica a la visible. Tan sólo se han observado ligeras correcciones en el tamaño de la capa del donante y en la ubicación de la toca del personaje femenino. Las densidades aumentan sobre todo en los contornos de las figuras, en las zonas claras del cuadro, y en el naranja del vestido y gorro del donante. En estos dos últimos casos, el empleo de una mayor porción de blanco de plomo en la mezcla, y del bermellón de mercurio con el amarillo de plomo y estaño, es el causante de la mayor absorción de los rayos X. En el caso de los contornos de las figuras, es debido a que estos han



24. Radiografía general.

sido grabados mediante un objeto punzante sobre la preparación; la posterior realización de la pintura hizo que en estas hendiduras se depositaran cantidades de blanco que son las causantes del mayor contraste de estas zonas. Esto también puede observarse en alguno de los arbolitos del paisaje que se ven muy delimitados.

El ángulo superior izquierdo tiene una densidad diferente, por haber sido añadida esta esquina durante la restauración.

#### MATERIALES DE PINTURA

El soporte es de madera de pino. Como en casos anteriores, se encuentra embarrotado con el sistema antiguo de "barrotes fijos y móviles", que no permiten el estudio directo de su estructura original. Por medio de la radiografía podemos observar que está formado por tres tablones verticales sujetos por tres barrotes horizontales, unidos tal vez por lañas y clavos según se deduce de las marcas dejadas sobre la madera. Su espesor ha sido rebajado hasta 0,8 ( $\pm$  0,2) centímetros.

Sobre el soporte fue tendida una fina estopa de cáñamo que se adhirió mediante cola animal.

La preparación consta de tres capas de yeso; a la última le fue añadida una pequeña porción de carbonato de calcio. En superficie se encuentra muy impregnada con productos oleaginosos, penetrando, por lo general, en profundidad. El aglutinante de las tres capas es la cola animal.

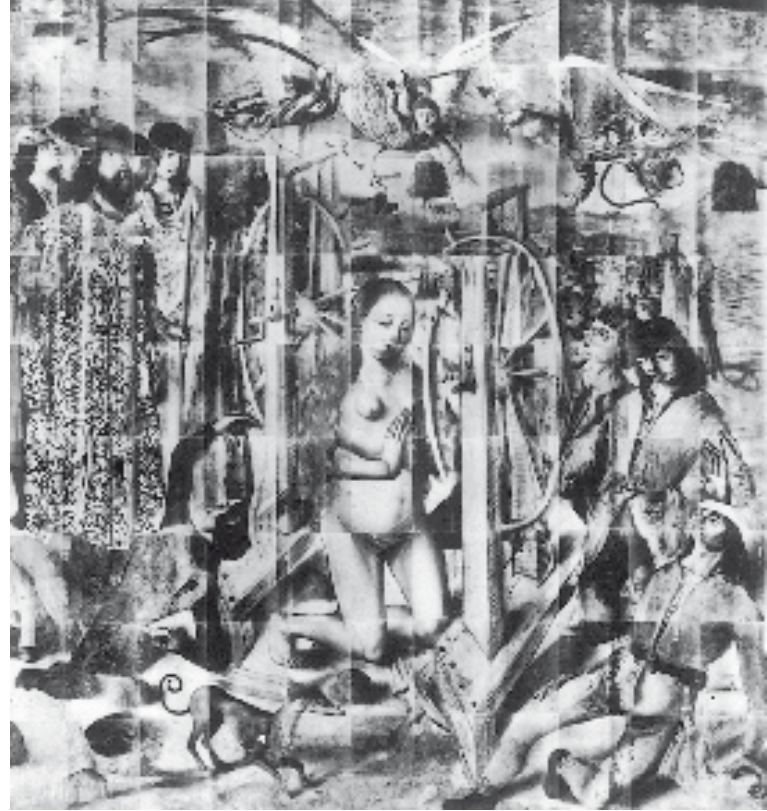
Encima de la última capa de preparación se realiza el dibujo subyacente con pintura negra a base de carbón de origen orgánico (de madera o huesos), ligada con un aglutinante similar al de las capas de pintura. El espesor medido oscila entre las 10 y las 25  $\mu$

Velando el dibujo y cubriendo la superficie del cuadro hay una fina capa entre 10 Y 20  $\mu$  que sirve de "imprimación" al color. Está compuesta por sulfato de calcio e impureza de óxido de hierro naranja y negro orgánico, mostrando un aglutinante muy resinoso.

La estructura del color es muy simple. Tiene un espesor total entre las 30 y las 60  $\mu$ . Se realiza, por lo general, con una sola capa que contiene yeso, una pequeña parte de blanco de plomo y el pigmento correspondiente al tono que se persigue. Es el tratamiento que suele aplicar en carnaciones, fondos e incluso en algunos mantos como el azul de la Virgen. En los rojos, naranjas y verdes la elaboración es mayor por la aplicación de una segunda capa de laca orgánica carmín y de resinato de cobre, respectivamente. Es interesante observar que el bermellón de mercurio sólo fue empleado por el pintor, en la realización del naranja del gorro y del vestido del donante, mezclado con el amarillo de plomo y estaño. En el rojo del vestido de la Virgen se utilizó el óxido de hierro y la laca carmín (Fig. 10-C).

Los pigmentos usados por el pintor fueron los siguientes:

- Rojo: óxido de hierro, bermellón de mercurio y laca carmín.
- Blanco: yeso y blanco de plomo.
- Amarillo: amarillo de plomo y estaño.
- Azul: azurita.



25. Martirio de Santa Catalina: Montaje de los reflectogramas infrarrojos.

- Negro: negro orgánico de carbón o huesos.
- Verde: cardenillo de cobre y resinato de cobre.
- Marrón: óxido de hierro.

El aglutinante de las capas de color, según los ensayos de solubilidad efectuados, es una mezcla de productos resinosos y proteicos que forman una emulsión.

#### 4. MARTIRIO DE SANTA CATALINA (n.º de catálogo 3039)

##### INTRODUCCIÓN

Tiene unas dimensiones totales de 150 ( $\pm$  1) x 113 ( $\pm$  1) centímetros siendo el área pintada de 125 ( $\pm$  1) x 109 ( $\pm$  1) centímetro ya que el resto ha sido reservado en un tono liso para la colocación del marco.

Se considera obra del taller o del círculo de Fernando Gallego. De su historia material anterior a su entrada en el Museo del Prado sólo conocemos que fue comprada por el Patronato de dicho Museo en febrero de 1962 al señor Lucas de Madrid <sup>13</sup> (Fig. 4).



26. Dibujo su subyacente de la cabeza de la Santa, en el que se puede observar una corona inexistente en la realización posterior de la obra. Reflectografía infrarroja.



27. Dibujo subyacente del rostro del tercer verdugo en el lado derecho. Reflectografía infrarroja.



28. Detalle del desplazamiento existente en la mano del segundo verdugo del lado derecho. Reflectografía infrarroja.

### REFLECTOGRAFÍA INFRARROJA

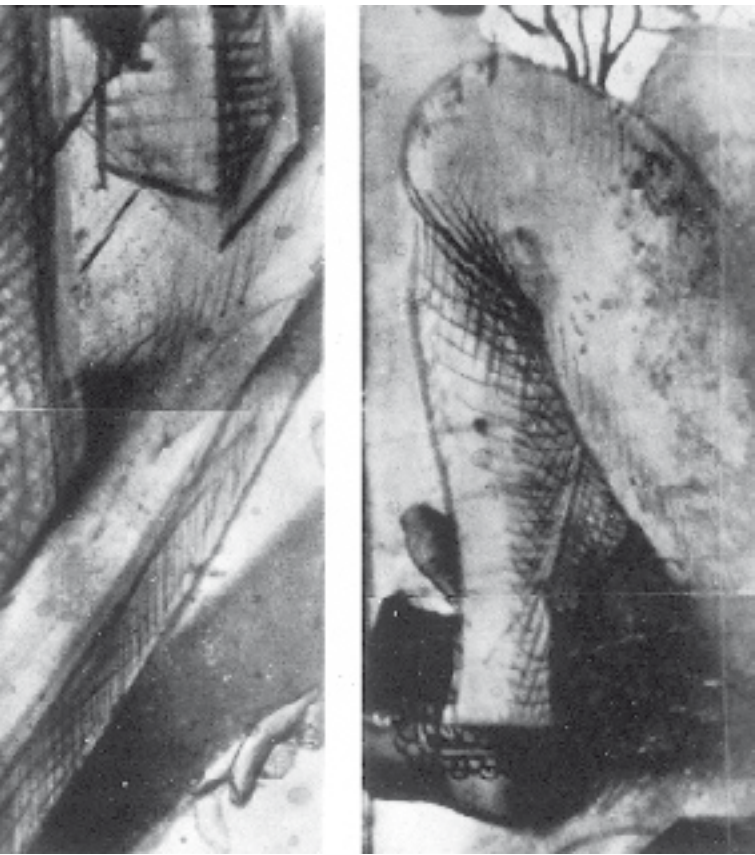
El dibujo subyacente, puesto de manifiesto mediante la reflectografía infrarroja, es de un carácter diferente a los estudiados con anterioridad. Está realizado a pincel sobre la preparación, con líneas muy seguidas y largas que delimitan los distintos elementos de la composición. El sombreado por lo general, es llevado a cabo por medio de líneas paralelas y paralelas cruzadas. En su conjunto resulta menos rígido y más suelto. El proyecto efectuado por el pintor se ajusta en líneas generales a la ejecución de la obra (Fig. 25). En la figura de la Santa cabe destacar la aparición de una corona bien delimitada situada bajo la frente. El dibujo, en general, está poco elaborado con un sombreado muy ligero en algunos bordes. El rostro muestra un desplazamiento ascendente, tanto en su contorno como en los ojos, cejas, etc. (Fig. 26).

Las ruedas del martirio constituyen una de las partes más dibujadas, pudiéndose obser-

var pequeñas rectificaciones en la colocación de los distintos elementos que las componen, sobre todo, en los travesaños de madera. En los bordes, el dibujo lineal se hace de trazo grueso y largo, y los sombreados con paralelas cruzadas son a veces reforzados con líneas largas y sensiblemente curvas. En algunas zonas aparecen solamente líneas paralelas para este fin (Fig. 29).

En las figuras de los tres ángeles se puede estudiar el dibujo más minucioso del conjunto. Las características son las mismas, pero la realización se efectúa a pequeña escala, tanto en los trazos que dibujan las figuras como en los sombreados. Las zonas más interesantes son las de las alas y las vestiduras en las que además de poderse ver las características antes apuntadas, hay que resaltar los pequeños desfases con respecto a la realización de la pintura. Estos también pueden ser observados en los rostros, manos e instrumentos que portan en ellas.

El resto de los personajes que componen



29 y 30. Detalles del trazo y del sombreado del dibujo subyacente en los travesaños y largeros que soportan las ruedas del martirio, y en la pierna izquierda del verdugo caído en el lado izquierdo, respectivamente. Reflectografía infrarroja.

la escena se ciñen en su dibujo a las características antes reseñadas, pudiendo éste ser observado con mayor facilidad en los verdugos, ya que la zona de los otros tres personajes está muy deteriorada y los abundantes repintes existentes hacen que la imagen sea más confusa. Los contornos se definen y se moldean las distintas partes de sus cuerpos mediante las paralelas cruzadas, visibles en los jubones y calzas de los verdugos, en los gorros de algunos de ellos, etc. (Fig. 30). Existen correcciones de la pintura con respecto al dibujo en las manos de los dos primeros verdugos de la derecha y en el rostro del tercero. En los demás, se pueden apreciar pequeñas rectificaciones (Figs. 27 y 28).

El paisaje y los elementos del mismo han sido encajados de una manera somera no correspondiendo en algunos casos el dibujo con la imagen visible, como, por ejemplo, algunas rocas y algunas casitas de la ciudad del fondo. En él podemos observar la presencia de un sombreado con trazos largos y de distinta intensidad alrededor de las figuras y de los demás elementos existentes en la escena.

### RADIOGRAFÍA

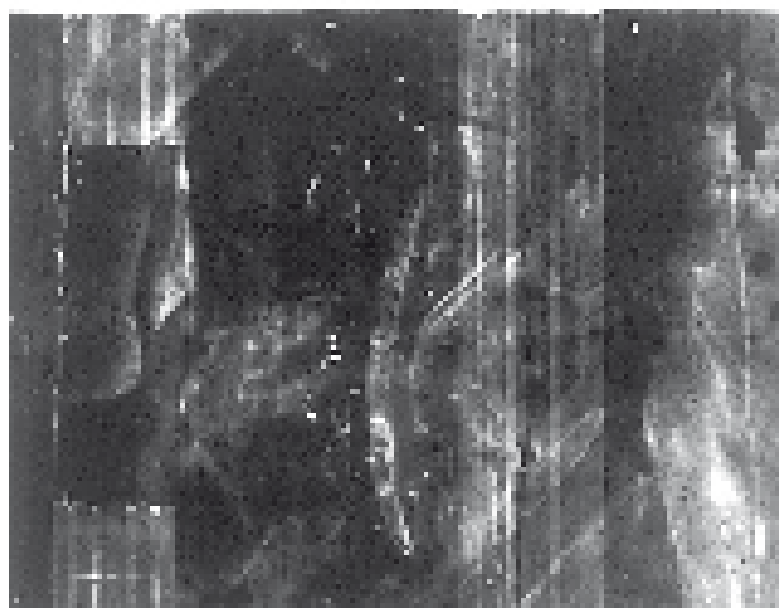
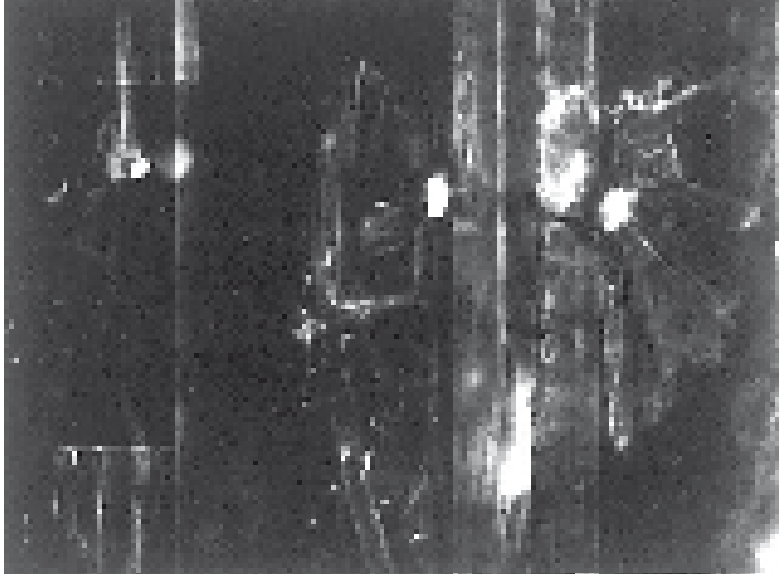
La imagen radiográfica muestra débiles contrastes; esto, unido al embarrotado realizado con madera y aluminio y a las grandes zonas dañadas por el ataque de insectos xilófagos, es la causa de que el documento general sea de muy difícil lectura, como se pone de manifiesto en los detalles que se muestran (Figs. 31 v 32) <sup>14</sup>.

En el estudio detallado no se han observado cambios de composición con respecto a la realización final de la obra. Los espacios han sido reservados con exactitud. Las zonas claras son las radiográficamente más densas por la adición de una pequeña cantidad de blanco de plomo en su elaboración.

Se pone de manifiesto la grave importancia del ataque de los insectos xilófagos que han dañado fundamentalmente el soporte del cuadro repercutiendo sobre la pintura. El problema es mayor en las tablas laterales. La densidad mayor de estas zonas es debida a la restauración que ha sufrido el cuadro, por la penetración del estuco en los canales realizados por los insectos. Las dos esquinas superiores y la inferior izquierda fueron añadidas durante la restauración y presentan por ello diferente densidad de la madera original.

### MATERIALES DE PINTURA

El soporte del cuadro es de madera de pino. Se encuentra embarrotado con un sistema muy complejo (travesaños de madera,



31. Radiografía. Detalle del busto de la Santa. Los barrotes de aluminio dificultan profundamente la visión.

perfiles de aluminio y llaves toledanas), que no permite el estudio directo de su estructura original, y que causa un grave problema a la pintura para su conservación. A través de la radiografía se puede observar que está formado por cinco tablas verticales unidas por tres barrotes horizontales por medio de clavos según las marcas que han dejado sobre la madera. Su espesor fue rebajado a 0,8 ( $\pm$  0,2) centímetros<sup>15</sup>.

Sobre la madera se encuentra colocada estopa de cáñamo en las juntas y en la zona reservada a la crestería, adherida con cola animal.

La preparación está realizada con una capa de yeso grueso ligado con cola y un

enlucido superficial con el mismo material. En su superficie se encuentra impregnada por una sustancia oleaginosa, que en algunos casos está muy delimitada formando una fina capa de unas 10  $\mu$ <sup>16</sup>.

Encima de la preparación se sitúa el dibujo subyacente. Es un estrato muy delgado, mide entre 2 y 10  $\mu$ , compuesto por carbón vegetal o de huesos ligado con productos oleaginosos.

La pintura carece de "imprimación" o capa que se interponga entre la preparación y el dibujo y la realización del color.

El color fue realizado mediante dos capas por lo general y alcanza un espesor en conjunto de  $\pm$ 100  $\mu$ . La primera es más gruesa que la segunda, que suele emplearse para



32. Radiografía. Detalle del perro situado en primer plano. Se aprecia con claridad el fuerte ataque de xilófagos padecido por el soporte.

oscurecer el tono realizado. Los pigmentos están mezclados con yeso y muy poco blanco de plomo a excepción de las lacas orgánicas carmín o los resinatos de cobre dados en superficie a modo de veladuras, y que se aplican directamente. Las estructuras más complejas corresponden a los trajes, mientras que carnaciones, celajes y demás elementos han sido elaborados sencillamente. Los verdes muestran en su ejecución la superposición de tres estratos que van oscureciendo el color, los pigmentos son los mismos pero el cardenillo es cada vez más abundante. El bermellón de mercurio fue empleado en la realización del manto rojo del personaje del lado izquierdo mezclado con el amarillo de plomo y estaño y con una fina capa de superficie de laca orgánica carmín. También se encuentra en las borlas que cuelgan del cinto del verdugo caído en el lado derecho dado en dos capas con amarillo de plomo y estaño, la primera más clara que la segunda, y en algunos gorros. Los espacios entre un tono y otro se

respetan por lo general (Figs. 10-D).

Los brocados y crestería tienen diferente tratamiento. En ambos casos las zonas han sido respetadas. En el estofado del manto del personaje del lado izquierdo (¿juez?), sobre la preparación se aplicó el bol rojo tradicional para la aplicación posterior de una finísima lámina de oro, a la que a continuación se sobrepuso el negro que sirve para realizar el dibujo del brocado. En la crestería sobre una preparación de yeso mucho más basta que la de la zona de la pintura, fue aplicada una capa de negro muy desigual.

Los materiales utilizados en la realización de esta pintura fueron los siguientes:

- . Rojo: bermellón de mercurio, óxido de hierro y laca orgánica carmín.
- . Blanco: yeso y blanco de plomo (muy poco).
- . Amarillo: amarillo de plomo y estaño.
- . Azul: azurita.
- . Negro: negro orgánico de carbón o huesos<sup>17</sup>.



. Verde: cardenillo de cobre y resinato de cobre.

. Marrón: óxido de hierro.

. Oro: pan de oro.

El aglutinante de las capas de pintura es oleaginoso según se desprende de las pruebas de solubilidad realizadas.

## CONSERVACION

Las cuatro tablas han sido objeto de importantes restauraciones. Existen documentos en los archivos generales del Museo que ponen de manifiesto el mal estado en que éstas llegaron a la Pinacoteca, en particular "La Piedad" y "El Martirio de Santa Catalina", y las restauraciones que fueron llevadas a cabo.

Todas, en primer lugar, presentan a una reparación "profunda" del soporte, que ha transformado irreversiblemente su estructura original. Su espesor primitivo se vio reducido a 1 ( $\pm$  0,2) centímetros, embarrotándose a continuación con el sistema antiguo de barrotes fijos y móviles. En el caso del "Martirio de Santa Catalina", la estructura del reverso se presenta aún más complicada por la aplicación de un confuso sistema en el que aparecen barrotes de madera, perfiles de aluminio, llaves toledanas, etc. que dejan ver sus consecuencias sobre la pintura.

En la capa pictórica, el sistema de reintegración seguido es el de integración total,

no ajustándose a las áreas dañadas y sobrepasándolas en muchos casos. Por medio de la fluorescencia ultravioleta vemos que el más repintado en superficie es el del "Cristo Bendiciendo", y que en "El Calvario esta superposición es menos importante, quizá porque su restauración reciente se haya realizado con criterios más actuales.

El estado de conservación de las pinturas no es bueno, particularmente el de "La Piedad" y el del "Martirio de Santa Catalina". Los cuadros están sometidos a grandes tensiones, por una parte el embarrotado colocado "para que no se muevan las tablas", y por otra, las variaciones climáticas de las salas en que están situados<sup>18</sup> que producen los movimientos del soporte de madera según su mayor o menor contenido de humedad. La consecuencia directa de este proceso de contracción en invierno y la dilatación en verano, es el agrietamiento de las tablas que rompen por donde les es posible, y el levantamiento de la capa pictórica en ampollas, cordilleras, etc. No es cuestión ahora de nuevas intervenciones en el soporte y sería de desear que reparaciones tan dramáticas no vuelvan a producirse. Lo útil sería que fuesen trasladadas a las zonas climatizadas del Museo lo antes posible, para que una vez que las tablas se estabilicen, se pueda emprender una restauración equilibrada de las mismas<sup>19</sup>. ■

---

## NOTAS

1 Bibliografía: CARNELO y ALOA, J.: Los primitivos españoles de la colección Bosch. "Arte Español", 1916-17, págs. 359. EXPOSICIÓN: El Toisón de Oro. Brujas, 1907, pág. 82. GAYA NUÑO, J. A.: Fernando Gallego. "Artes y Artistas", Madrid, 1958, pág. 25. SÁNCHEZ CANTÓN, F. J.: Tesoros de la pintura en el Prado, Madrid, 1962, pág. 86. Museo del Prado: Catálogo de 1972, pág. 232. BUENDIA, R.: El Prado Básico, Madrid, 1973, pág. 114. LAFUENTE FERRARI, E.: El

Prado del Románico al Greco, Aguilar, 1978, pág. 90. Museo del Prado: Inventario de Nuevas Adquisiciones. Nº 1.395. págs. 81-82.

2. Hollanders -Favart, D. y Van Schoute R. Le dessin sous-jacent dans la picture. Louvain, 1979. Terminología adoptada en los coloquios celebrados sobre este tema y que se recogen en el libro.

3 Ver 2 NICOLAUS, K.: Die Grafischen mittel fur unterzeichnung Eine untersuchung an gemalden des

herzog Antón Utrich-Museums in Braunchweig, Págs. 41-43.

4 Esta corona de influencia flamenca fue utilizada por el pintor en otras de sus obras. Ver, por ejemplo, la influencia flamenca en: "La Coronación de la Virgen" dibujo del estilo de Van Eyck, de Viena, Graphische SammJung Albertina; "La Prueba del Fuego" del "Juicio de Oton" de Bouts, del Museo de Bellas Artes de Bruselas. En la "Coronación de la Virgen" del Museo Diocesano de Salamanca. Fernando Gallego realiza una similar.

5 REAU, L: Iconographie de l'art chretien. Vol. II: Iconographie de la Bible, Nouveau Testamem, Press Universitaire, París, 1957, págs. 30-31 y 688-694.

6 Condiciones de trabajo: 45 Kv, 15 mA, 4 minutos, 3 metros de distancia entre foco y película. Material sensible: Kodak X-Omat (triple film 30 x 30) impresionado en una sola exposición.

7 Tanto la estructura original de esta obra como la de "La Piedad" presentan unas características que pudiéramos suponer muy similares a la disposición de los soportes de las tablas del Retablo de San Ildefonso de la catedral de Zamora estudiado por nosotros con anterioridad, no existiendo ningún dato que induzca a pensar lo contrario.

8 El examen ha sido realizado sobre la radiografía y a través del análisis de una pequeña muestra tomada en el borde superior.

9 Bibliografía: POST, CH. R.: History of Spanish Painting. Cambridge, Mass. 1933, t. IV. págs. 130-132. GAYA NUÑO, J. A.: Tres nuevas pinturas en el Museo del Prado. "Goya", n.º 34, Madrid, 1960, pág. 207. SANCHEZ CANTÓN, F. J.: Adquisiciones del Museo del Prado: 1956-1962. "A. E. A.", 1962, pág. 306. SANCHEZ CANTÓN, F. J.: El Museo del Prado, adquisiciones y reformas (1960 1962). "Goya", núms. 50-51. Madrid, 1962, pág. iz. Museo del Prado: Catálogo de 1972. págs. 232-233. LAFUENTE FERRARI, E.: El Prado del Románico al Greco, Aguilar, 1978, pág. 91. DÍAZ PADRÓN, M.: Exposición: Panorama de la Pintura Española desde los RR. CC. a Goya. Buenos Aires, 1980. Museo del Prado: Inventario de Nuevas Adquisiciones, n.º 1819, pág. 158.

10 Condiciones de trabajo: 40 Kv, 15 mA, 4 minutos, 2 metros, 30 centímetros de distancia entre foco y película. Material sensible: Kodak X-Omat (triple film 30 x 30) impresionado en una sola exposición. Revelado automático.

11 Bibliografía: Exposición Diocesana del Centenario

de Constantino. Madrid, 1913, pág. 36. POST, CH. R.: History of Spanish Painting. Cambridge, Mass. 1933, t. IV, pág. 100. GAYA NUÑO, J. A.: Fernando Gallego. "Artes y Artistas", Madrid, 1958, pág. 14. GAYA NUÑO, J. A.: Tres nuevas pinturas en el museo del Prado. "Goya", 1960, n.º 34, págs. 206-207. FERNÁNDEZ BAYTON, G.: Exposición: Principales adquisiciones del Museo del Prado (1958-1968). Madrid, 1969, págs. 23-25. Museo del Prado: Catálogo de 1972, pág. 233. PEREZ SANCHEZ, A. E.: Museo del Prado, Madrid, 1974, pág. 24. LAFUENTE FERRARI, E.: El Prado del Románico al Greco. Aguilar, 1978, pág. 91. Museo del Prado: Inventario de Nuevas Adquisiciones. n.º 1820, pág. 158.

12 Condiciones de trabajo: 50 Kv, 20 mA, 7,5 minutos, 2 metros de distancia. Material sensible: Cronaflex-film projection tipo B. Técnica operatoria de gran formato. Revelado manual con revelador Agfa para papel.

13 Bibliografía: SANCHEZ CANTÓN, F. J.: El Museo del Prado. Adquisiciones y reformas (1960-1962). "Goya", núms. 50-51. Madrid, 1962, págs. 71-72. SAN. CHEZ CANTÓN, F. J.: Adquisiciones del Museo del Prado: 1956-1962. "A. E. A.", 1962, pág. 306. FERNÁNDEZ BA YTON, G: Exposición de las principales adquisiciones del Museo del Prado (1958-1968). Madrid. 1969. Museo del Prado: Catálogo de 1972, pág. 232. LAFUENTE FERRARI, E.: El Prado del Románico al Greco, Aguilar, 1978, pág. 92. Museo del Prado: Inventario de Nuevas Adquisiciones. n.º 1854, pág. 163.

14 Condiciones de trabajo: 45 Kv, 15 mA, 4 minutos, 3 metros de distancia entre el foco y la película. Material sensible: Kodak X-Omat (triple film 30 x 30), impresionado en una sola exposición.

15 El espesor medio de estos soportes suele estar en torno a los 3 centímetros.

16 Las cuatro tablas estudiadas tienen una preparación de aproximadamente 1 milímetro, siendo la de "La Crucifixión" ligeramente más delgada.

17 La espectrografía de rayos X en dispersión de energía, muestra cantidades considerables de estroncio en la composición de algunos negros del cuadro.

18 CABRERA, J. M. el CIFUENTES, A. M. Climatologie au Musée du Prado". ICOM-Conservation. Venise, 1975, 7519-3.

19 En general, por ser las tablas más sensibles a los cambios climáticos que los lienzos, parece lógico que fueran las primeras en beneficiarse del aire acondicionado, desde el punto de vista de la conservación exclusivamente.

## 6.5. Estudio Técnico del Guernica



Los primeros estudios técnicos para el traslado del Guernica al Museo del Prado, se hicieron a principios de Diciembre de 1980. En colaboración con los técnicos del MOMA y a la vista de los documentos e informes correspondientes a vicisitudes anteriores, procedimos a realizar un examen minucioso del estado de conservación del cuadro, estableciendo un programa para su traslado a Madrid<sup>1</sup>.

El estado material del cuadro era satisfactorio pese a que anteriormente, en 1957, había llegado a estar en muy malas condiciones debido a los múltiples traslados a que había sido sometido, por lo que se le aplicó entonces un tratamiento en el Departamento de Restauración del MOMA que dio buenos resultados, restableciéndose así la solidez de la pintura.

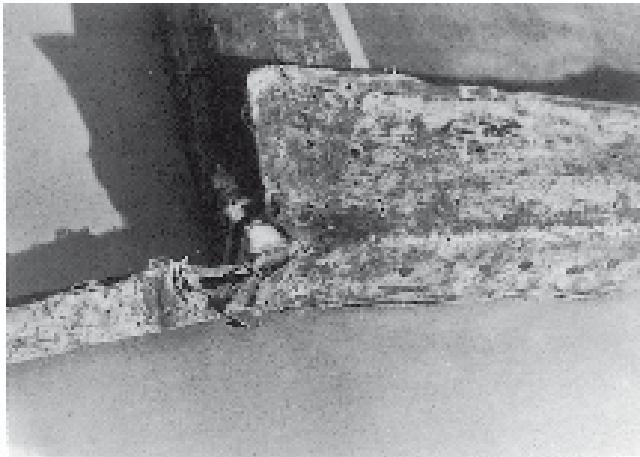
Los materiales de pintura utilizados por Picasso fueron de buena calidad, pero para los traslados de un cuadro de tan gran formato (3,50 x 7,75 m.) era necesario en cada

caso, desclavar el lienzo, enrollarlo y volverlo a clavar sobre el bastidor en su nuevo destino, lo que originó múltiples arrugas con desprendimientos de color y bordes desgarrados (Fig. 1) por la acción reiterada de las tachuelas y las tenazas para atirantar el lienzo.

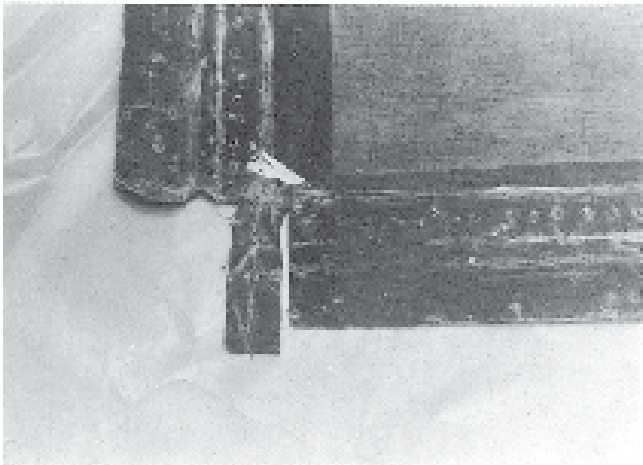
Según los informes que poseemos<sup>2</sup>, en 1957 volvió a Nueva York de una gira por diversos países de Europa en tan mal estado que fue necesario restaurarlo, impregnando el lienzo por el reverso con una mezcla de cera-resina fundida, consolidando así las zonas cuarteadas de la capa pictórica, y también se colocaron unas bandas de tela para reformar los bordes deteriorados pegándolas también con cera-resina; (Fig. 2) Picasso dió instrucciones al MOMA para que el Guernica no fuera de nuevo prestado por los obvios deterioros que el cuadro había sufrido, no queriendo que se restauraran los daños de la superficie de la pintura por considerarlos como "heridas de guerra"<sup>3</sup>.

En 1962 a fin de aplicarle un barniz que protegiera la pintura de la acción del polvo atmosférico, se procedió a limpiar la superficie pictórica con agua destilada, barnizando seguidamente con Acryloid B-72<sup>4</sup>.

En 1964 el cuadro tuvo que ser nuevamente desmontado y enrollado durante un corto período de tiempo, para trasladado dentro del Museo a una sala del piso superior y, con este motivo, se consolidaron por el reverso algunas de las arrugas mas señaladas pegando unas tiras de papel japonés mediante emulsión de poliacetato de vinilo, aplicando al mismo tiempo calor. El Departamento de Restauración del MOMA ha sido consciente de que sólo mediante una forración se podrían reducir estas arrugas, pero siempre ha rechazado esta operación por comprender que un lienzo forrado plantea serios problemas de separación de las dos telas en caso



Detalle de los destrozos sufridos por los bordes del lienzo a causa de los varios montajes y desmontajes sufridos por el cuadro.



2. Detalle de las bandas colgadas por el MOMA para el refuerzo de los bordes del soporte.



3. Durante el desmontaje en Nueva York. Especialistas del Departamento de Restauración del MOMA proceden a planchar los bordes con aire caliente y muñequillas de tela.

de tener que enrollarse para su traslado al destino final. También se volvieron a reparar las bandas periféricas de refuerzo del borde y se montó el cuadro sobre un bastidor nuevo.

El 28 de Febrero de 1974 la pintura sufrió un ataque vandálico con un spray rojo de pintura acrílica (krylon) escribiendo con letras muy grandes, de aproximadamente 75 cm de altura, la frase inconclusa "Kill lies All...". La existencia del barniz aplicado en 1961 hizo fácil la eliminación del Krylon mediante el disolvente suave Xileno. Algunas pequeñas zonas erosionadas se retocaron con pintura acrílica (Magna) y se volvió a barnizar la zona afectada con Acryloid B-67.

Todas estas operaciones, realizadas por el personal especializado del MOMA bajo la dirección de la señora lean Volkmer, han conducido a que la pintura se muestre bien adherida al soporte en toda la superficie del cuadro y que el lienzo, debidamente repasado en sus desperfectos, esté correctamente tensado sobre un sólido bastidor con sistema de tensión, trabajando perfectamente las bandas periféricas que refuerzan los bordes.

A fines de Agosto de 1981, pocos días antes del traslado, se levantó un acta, especificando el estado material de la obra, adjuntando un informe en el que se señalan los desperfectos existentes en la pintura sobre un esquema general del cuadro unido a una documentación fotográfica del lienzo en seis secciones y macrofotografías de los principales daños. También fueron revisados los elementos dispuestos para el transporte como el rulo y las cajas del embalaje, pudiendo comprobar que eran perfectamente adecuados<sup>5</sup>.

## DESMONTAJE, EMBALADO Y TRANSPORTE

Todas las operaciones de desmontaje, enrollado y embalaje fueron realizadas por el personal especializado del MOMA en presencia de los técnicos españoles que a su vez dirigirían en Madrid las operaciones de montaje.

Esquemáticamente el trabajo se hizo de la siguiente forma: 1.º Desmontaje del marco de madera. 2.º Descolgado del cuadro sujeto con tornillos sobre tres escuadras metálicas. 3.º Preparación del suelo, sobre el que se depositaría la pintura, limpiándolo con aspirador y cubriéndolo con dos capas de papel, la primera de papel de embalaje y la segunda de papel siliconado. 4.º Tendido del cuadro en el suelo, con la pintura en contacto con el papel siliconado. 5.º Desclavado de las tachuelas de los bordes. 6.º Planchado de los bordes con muñequillas de trapo y aire caliente Fig.3). 7.º Separación del bastidor (que se desmontó y embolsó en otra dependencia). 8.º Colocación de otra capa de papel siliconado sobre el reverso del cuadro.

9.º Enrollado del cuadro entre las dos capas de papel siliconado en un rulo de madera de 80 cm. de diámetro. 10.º Transporte del rulo en el interior del Museo (Fig. 4) y colocación en su embalaje sujeto por ambas testas (Fig. 5). El embalaje está formado por un cajón de madera de dobles paredes separadas por tiras de material antivibratorio.

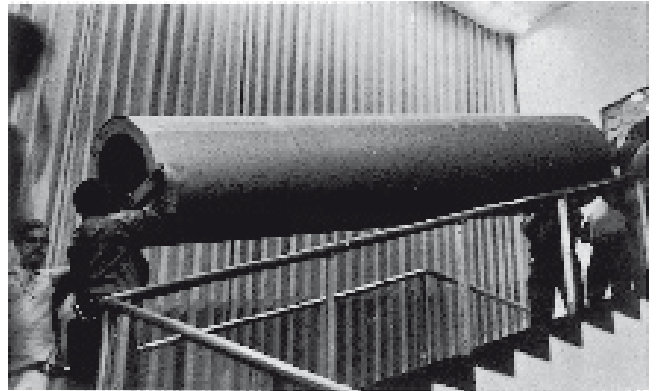
El viaje Nueva York-Madrid se realizó en un B- 747 de Ibería en vuelo regular, de acuerdo con el informe técnico realizado por Ángel Rogado Lázaras, en un compartimento de carga con clima controlado.

El transporte Museo-aeropuerto se realizó con camiones de mudanzas dependientes de la empresa SIT, utilizando dos en cada recorrido.

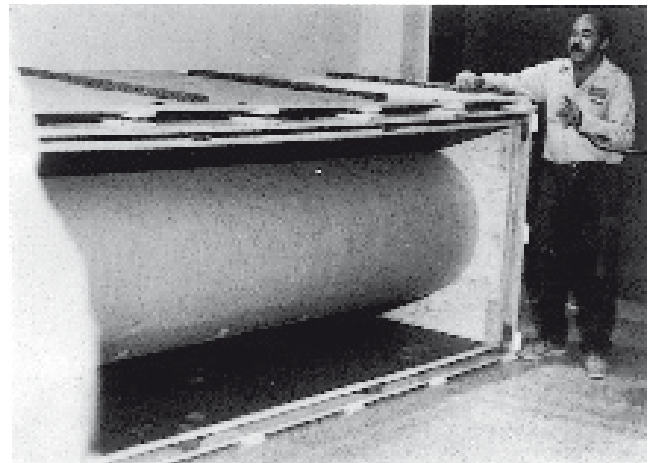
El plan de seguridad estuvo bajo la dirección del Señor Fernández Dopico, y del General Sáenz de Santamaría: por parte americana, de la policía metropolitana del Estado de Nueva York y del FBI<sup>6</sup>.

## MONTAJE DEL CUADRO

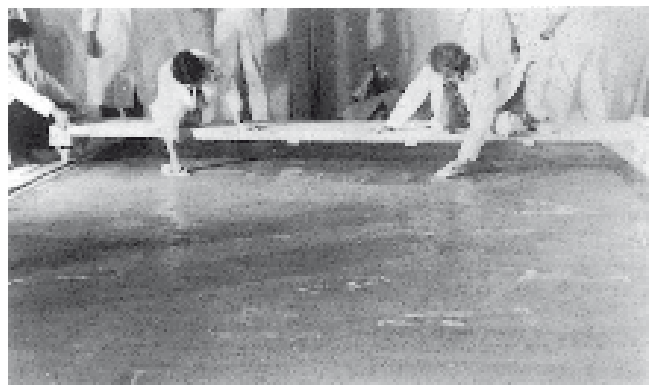
1.º El montaje del lienzo sobre el bastidor se ha hecho dentro de la vitrina, por razones de seguridad en la manipulación de cuadro.



4. El Guernica enrollado desciende por las escaleras del MOMA. Fue, sin duda, una de las operaciones más delicadas que hubo de realizarse manualmente.



5. El rulo dentro del embalaje, dispuesto para el viaje a Madrid.



6. Repasando el reverso del cuadro durante la operación del montaje en el Casón del Buen Retiro. Nótese sobre el lienzo los parcheados con papel japonés realizados en 1964, para consolidar los mayores pliegues de la pintura.



7. Clavando el lienzo en el bastidor. El aire caliente del secador de pelo permite la adaptación de la tela impregnada de cera.

2.º En el interior de la vitrina se ha instalado una tarima de madera a fin de nivelar el suelo y aumentar el área de trabajo útil hasta unos 5 x 10 metros.

3.º El bastidor se montó días antes, con el fin de utilizarlo para verificar todas las operaciones que habrían de realizarse posteriormente con el cuadro, quedando dentro de la vitrina y determinando los niveles y la forma de sujeción más adecuada.

4.º Se colocaron cuatro poleas en el perfil metálico superior de sujeción del cuadro a la pared, provistas de cuerdas atadas a las crucetas superiores del bastidor, con lo que se consiguió una aplicación homogénea de los esfuerzos durante la elevación del cuadro.

5.º Sobre la tarima de madera, limpia con aspirador, se colocó una pieza de moqueta acrílica de 4 x 8 metros, colocando seguidamente sobre ellas tiras de papel de embalaje.

6.º Se procedió a desenrollar el cuadro sobre la base dispuesta, haciéndolo lentamente para permitir la acomodación paulatina de la deformación temporal producida



8. Tensado del bastidor. Nótese las cuerdas que mediante cuatro poleas instaladas en el perfil superior de sujeción facilitaron la colocación del cuadro.

por el enrollado. Ayudaron a este proceso dos restauradores colocados sobre un puente de madera provisto de ruedas que pasan a ambos lados del cuadro, secadores de pelo y muñequillas de tela aplicadas a través de papel siliconado (fig. 6)

7.º Se repasaron los bordes del cuadro con espátulas calientes en aquéllos puntos en que aparecieron separaciones entre el lienzo original y las bandas de refuerzo.

8.º Una vez el lienzo totalmente dispuesto, se depositó suavemente el bastidor con ayuda de las cuatro poleas y seis operarios centrándolo perfectamente en las marcas de la colocación anterior. Se volvieron los bordes ayudándose con un poco de aire caliente y se clavaron al bastidor con tachuelas igual que estaba en Nueva York, comprobando la correcta disposición final (Fig.7).

9.º Se procedió a dar tensión al bastidor uniformemente y finalmente se levantó del suelo utilizando nueve personas y las poleas (Fig. 8).

10.º A fin de proceder al exámen técnico el cuadro quedó situado a unos 50 cm. de

la pared y en posición ligeramente inclinada hacia atrás, sujeto al perfil metálico superior adosado al muro, mediante cuatro rios-tras de madera. En esta posición estuvo 48 horas, durante las cuales se realizó la toma de datos técnicos, radiografías, reflectografía infrarroja, fluorescencia ultravioleta y análisis de materiales según la metodología de trabajo normalmente utilizada en estas obras de gran formato.

11. ° Se izó el cuadro normalmente sobre el soporte metálico recibido en la pared y se colocaron los ocho tornillos superiores e inferiores que lo fijan a ambos perfiles metálicos<sup>7</sup>

## ESTUDIO TÉCNICO

Los materiales utilizados en la realización del Guernica concuerdan con las líneas generales establecidas por el Laboratorio de Investigación de los Museos de Francia al estudiar un conjunto de 62 cuadros de Picasso elegidos entre 1895 y 1961<sup>8</sup>.

## EL SOPORTE

Las características general es de la tela original son las siguientes:

- Calificación técnica: Lienzo moderno de telar mecánico.

- Urdimbre: Proporción: Una sola urdimbre.

Materia: Yute, 1 cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: 12 a 13 hilos por cm.

- Trama: Proporción: Una sola trama.

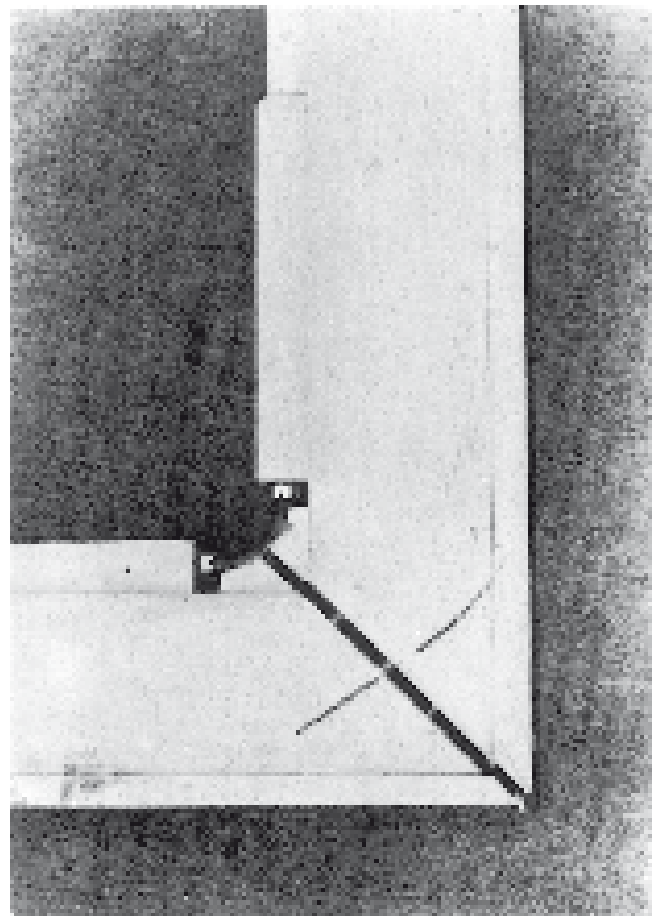
Materia: Yute, 1 cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: 12 a 13 pasadas por cm.

- Curso del ligamento: Dos hilos y dos pasadas.

La materia de las bandas aplicadas por el MOMA en los bordes del lienzo, como refuerzo, es una mezcla de lino y algodón.

El bastidor actual que soporta el cuadro



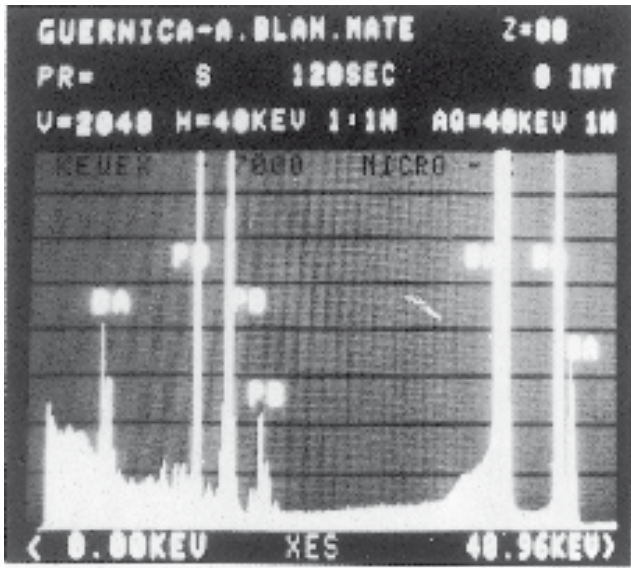
9. Detalle del sistema de tensiones aplicado en el bastidor instalado por el MOMA.

fue instalado por el MOMA y es de excelente calidad. Dispone de un sistema de tensiones con tornillos aplicados en los ángulos y en los extremos de cada uno de los doce travesaños, diez verticales y dos horizontales, que trabajan a tracción manteniéndose el ensamblaje mediante espiches metálicos circulares (Fig.9).

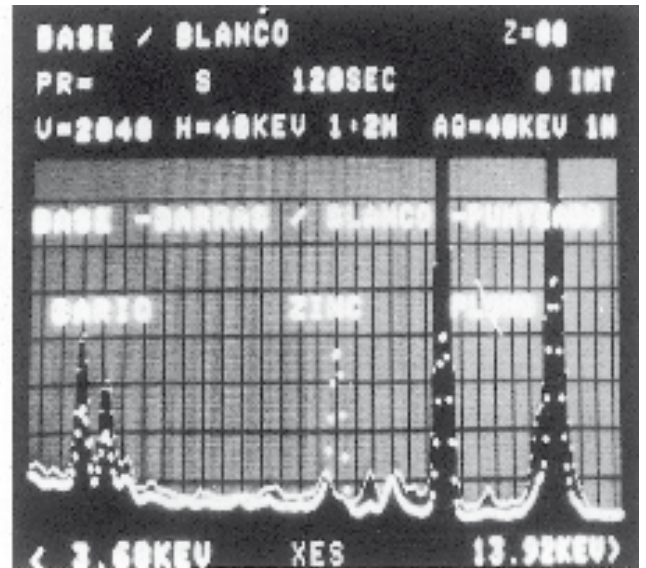
## LA PREPARACIÓN

La preparación de la tela es una fórmula comercial que ha sido hecha según la forma mas tradicional y completa.

Al lienzo le ha sido aplicada, en primer lugar, una capa de cola animal destinada a reducir la porosidad y proteger las fibras; seguidamente ha recibido otra capa de cola



10. Espectro tomado con energía dispersiva de Rayos X. Blanco mate de la preparación.



11. Espectros montados comparativamente de la preparación blanca y del pigmento blanco de la capa pictórica. Energía dispesiva de Rayos X.

con Sulfato de Bario a la que probablemente se le agregó un poco de sal de Aluminio para insolubilizar la cola.

Sobre esta preparación del soporte fue dada otra capa de imprimación muy delgada a base de Blanco de Plomo al óleo, obteniendo así una superficie regular, mate y no absorbente establecida sobre una base sólida<sup>9</sup>.

### LA CAPA PICTÓRICA

La capa pictórica muestra una gran elaboración llena de cambios de composición y arrepentimientos, conocidos generalmente a través de la documentación fotográfica realizada por Dora Maar durante la ejecución del cuadro<sup>10</sup>

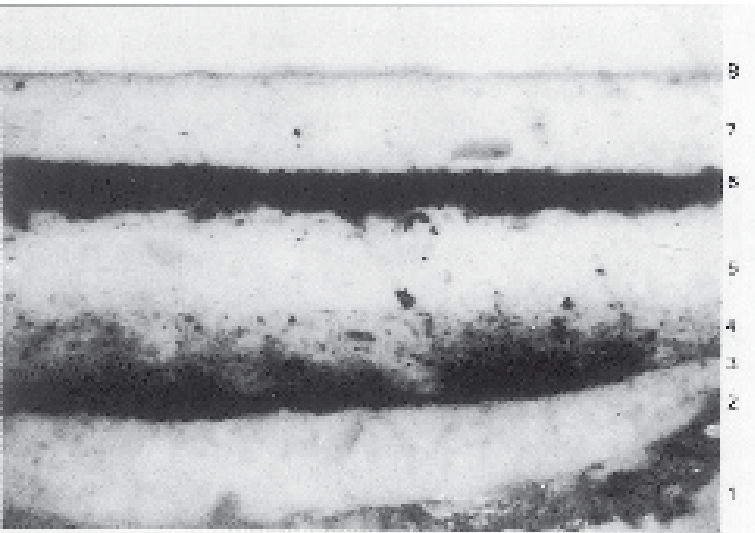
Los materiales de pintura utilizados son dos: el blanco y el negro, ambos de aspecto brillante. El color blanco es a base de "blanco de zinc" y el negro está compuesto por "negro de huesos", ligados ambos con aceite al que se ha añadido una proporción de barniz resinoso para acentuar el brillo (Figs. 10 y 11).

La radiografía muestra la superposición de formas en las zonas con cambios<sup>11</sup> que, en el examen estratigráfico aparecen como una superposición de diferentes capas, alternando los colores blanco, negro y gris (Figs. 13 y 14)<sup>12</sup>. Como excepción en la utilización del Blanco de Zinc en la pintura cabe señalar que la forma original-subyacente de la cabeza del guerrero fue realizada con Blanco de Plomo, estando la actual cabeza visible hecha con el de Zinc (Fig. 12). El contraste radiográfico de la obra es muy bajo por el empleo generalizado de este último pigmento en la ejecución de los blancos.

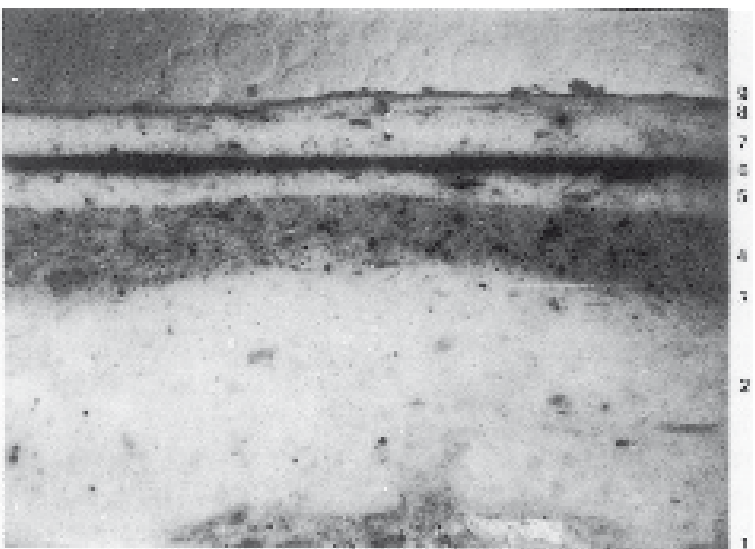
La reflectografía infrarroja permite apreciar los cambios de composición en diferentes zonas, siendo de especial interés los observados en la cabeza del toro (Figs. 15 y 16) Y en la cabeza del guerrero (Figs. 17 Y 18).

En el primer caso vemos un estudio de los ojos, desconocido hasta ahora, que se asemeja al del "estudio para la cabeza del toro" núm. 26 del Catálogo de la Exposición y, en el segundo caso, un dibujo subyacente parecido





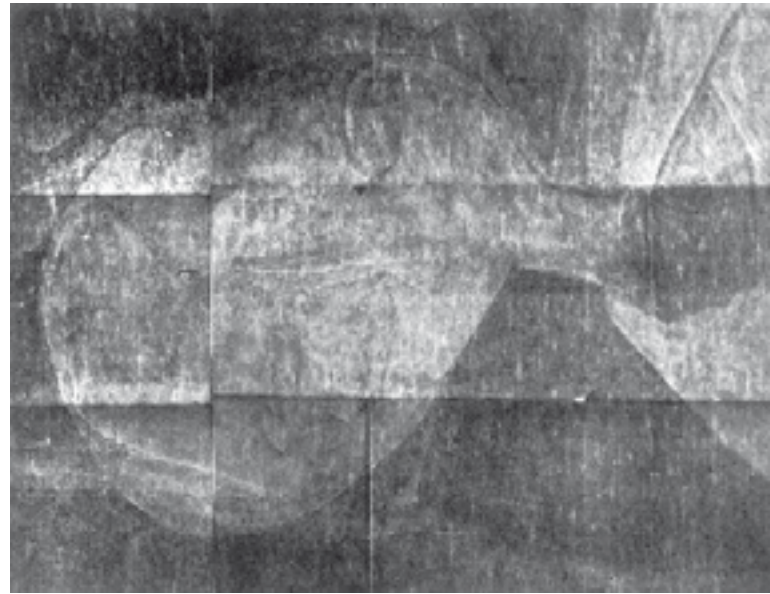
13. Microfotografía 210 x. Iluminación Epi. Blanco de la cabeza del guerrero.



14. Microfotografía 210 x. Iluminación Epi. Blanco de la cabeza del toro.

al núm. 43 del mismo catálogo "cabeza del guerrero y pata del caballo", en el contorno general y en la boca. Los ojos, aunque iguales de diseño, se encuentran en otra posición y aparecen estudios de ojos como los de la realización final en otras posiciones, así como otras formas confusas entre las que cabe señalar una punta de lanza.

El cambio de composición en la cabeza del toro debe relacionarse con el 20 de Mayo de 1937 que es cuando realiza los dos dibujos



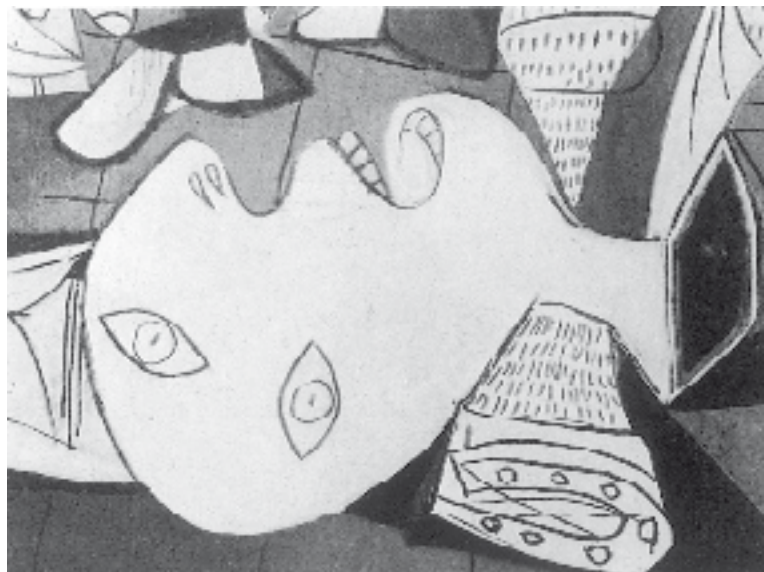
12. Radiografía de la cabeza del guerrero.

de grafito y guache sobre papel tela números 26 y 27 de la Exposición. Primero debió hacer el 27 en el que se nos muestran diversas ejecuciones de ojos y una gran complicación; después el 26 en el que se ha simplificado el estudio y ya aparecen los mismos ojos que en el documento obtenido con la reflectografía infrarroja. La ejecución sobre el lienzo de esta posible transformación estaría situada entre la "tercera y cuarta fase" de las recogidas por Dora Maar ya que en la cuarta fase la cabeza del toro ha tomado casi su configuración definitiva y los ojos aparecen en su ejecución final. Picasso ha deshechado las posibles modificaciones y refuerza con negro el esquema primitivo enmarcando la pupila al cerrar el arco superior sobre ella con otro inferior.

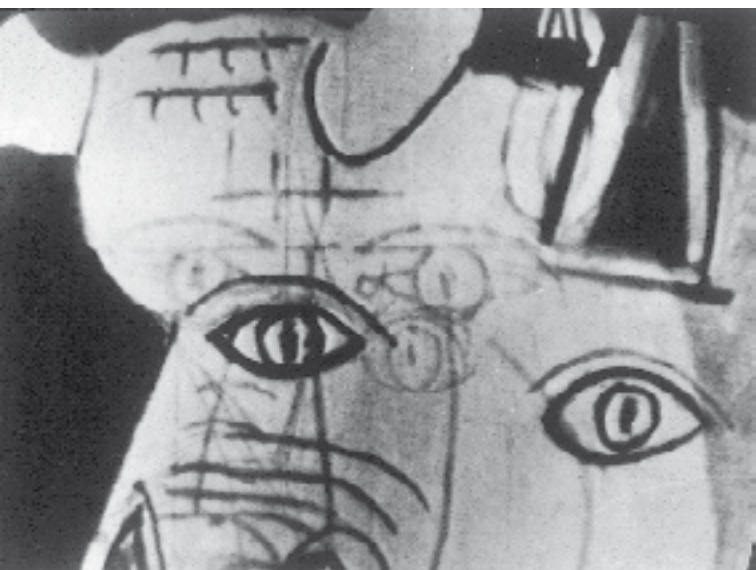
En la cabeza del guerrero el pintor mantuvo el esquema desde la "tercera fase hasta la sexta y última". El dibujo subyacente obtenido debe situarse por tanto entre el 3 y el 4 de Junio. En estos días Picasso realizó los dibujos en grafito y guache sobre papel tela, números 43 y 44 de la Exposición. En el 43 se aprecia la misma posición de la boca y del contorno de la cabeza que en el documento de



15. Detalle de la cabeza del toro con luz visible.



16. Detalle de la cabeza del guerrero con luz visible.



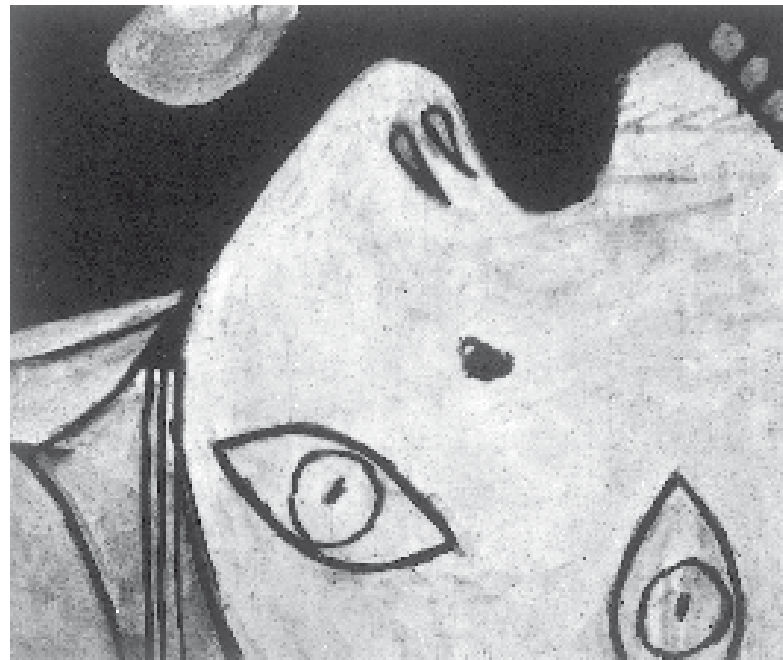
17. Detalle de la cabeza del toro en reflectografía infrarroja



18. Detalle de la cabeza del guerrero en reflectografía infrarroja.

infrarrojos, mientras que los ojos, si bien son iguales están colocados en distinta posición. No contento con el resultado debió de realizar el núm. 44 (en el reflectograma también existen ojos con el mismo esquema que los que aparecen en este dibujo, si bien en otra posición) que fue el que plasmó en el lienzo en la ejecución final. Por tanto este cambio de composición debió producirse en el último día de la realización de la obra, el 4 de Junio.

La observación en fluorescencia ultravioleta muestra los pequeños retoques realizados en 1974 por el MOMA sobre la capa pictórica con pintura acrílica (Fig. 19). También pone de manifiesto las zonas en que el pintor ha respetado el blanco de la preparación de la tela en diferentes partes del cuadro, que se ponen de manifiesto en un color ligeramente amarillento. ■



19. Detalle de uno de los retoques efectuados por el MOMA en los pequeños desperfectos sufridos por el cuadro. Luz ultravioleta.

## NOTAS

1 Por parte americana colaboraron las señoras Jean Volkmer y Eloise Ricchardeli, jefe de Restauración y Registrar del MOMA, respectivamente y por parte española Javier Tussell y José Mana Cabrera, director general de Bellas Artes, Archivos y Bibliotecas y director del Instituto de Restauración respectivamente.

2 VOLKMER, JEAN. Informes mecanografiados del Departamento de Restauración del MOMA. Optimum conditions for the Guernica loan, 17 de julio 1968, Guernica, 6 de febrero 1976. Guernica, Records of examination and for treatment, 10 de diciembre 1980.

3 CHIPP, M. B. Génesis y primeros avatares del Guernica a Guernica, Legado Picasso, Museo del Prado, 1981, pág.124. Se puede decir que sobre este cuadro se conoce toda su historia material o externa que ha sido publicada reiteradamente por los diarios, semanarios de Madrid, libros y números monográficos de diferentes revistas y boletines científicos, en los últimos

meses, por lo que nos limitamos a ciertos comentarios generales de interés para nuestra finalidad actual, evitando las numerosas referencias.

4 En España se denomina Paraloid B- 72 (metil-etil metacrilado), fabricado por Rhum & Haas de USA, normalmente utilizado en restauración de pinturas.

5 Documentos conservados en el archivo del laboratorio del Museo del Prado.

6 Todo el proceso técnico para el traslado del cuadro está ampliamente documentado; por otra parte, prácticamente toda la información ha sido publicada en los periódicos de Madrid, incluyendo amplios reportajes fotográficos que muestran todos los detalles. Asimismo, se han realizado programas de televisión con las imágenes tomadas en directo de todo el proceso desde Nueva York a Madrid y que existen en RTVE. También tenemos películas de formato super-8 rodadas durante las operaciones de desmontaje y montaje, que se conservan en el MOMA y en el Instituto de Restauración de Madrid.

7 El equipo técnico responsable del montaje ha estado formado por los siguientes técnicos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte: Carmen del Valle, Benito Segovia, María Dolores Fuster, María Teresa Domínguez Adame, Ubaldo Sedano, Vicente de Huerta, Tomás Antelo y Justo María de la Encarnación, ayudados por seis colaboradores de la empresa SIT como ayudantes para la manipulación de las cajas, transporte del rulo, colocación del bastidor, izado del cuadro, etcétera.

8 DELBOURGO, S. Etude de la matiere picturale de Pablo Picasso, en "Icom Conservation" 81-6-2. Ottawa septiembre 1981.

9 LAFUENTE FERRARI, E. Para una revisión de Picasso en "Revista de Occidente" núm. 135-136, 1974, pág. 251. Recoge diversos testimonios escritos sobre la utilización en sus cuadros de la pintura comercial "Ripolin" probablemente desde 1913.

14 ISTEIN, G., The Alltobiography or Aliee B. Toklas, zephyr Books, Estocolmo, pág. 148), de la que decía que era "la santé des couleurs"; aunque parecía no interesarse por la calidad de los materiales, "nada le parecía inútil en cuanto de aprender su oficio se trataba" BLANCHE, J. E., Les arts plastiques, París 1931, pág. 262.

10 Ver entre otros en el Catálogo Guernica-Legado Picasso, Museo del Prado, octubre 1981, págs. 98-103.

11 Se han radiografiado varias zonas del cuadro con

las siguientes condiciones operatorias: 25 Kv, 10 mA, distancia 4,80 m., tiempo 6 mn de radiación para cada zona. Técnica de gran formato. Material sensible, Kodak X-Omat, triple film 30 x 30.

12 Las microfotografías fig. 13 y 14 han sido tomadas sobre las láminas delgadas realizadas sobre diferentes micromues

tras cogidas en distancias partes del cuadro. El análisis de estas dos láminas delgadas es el siguiente:

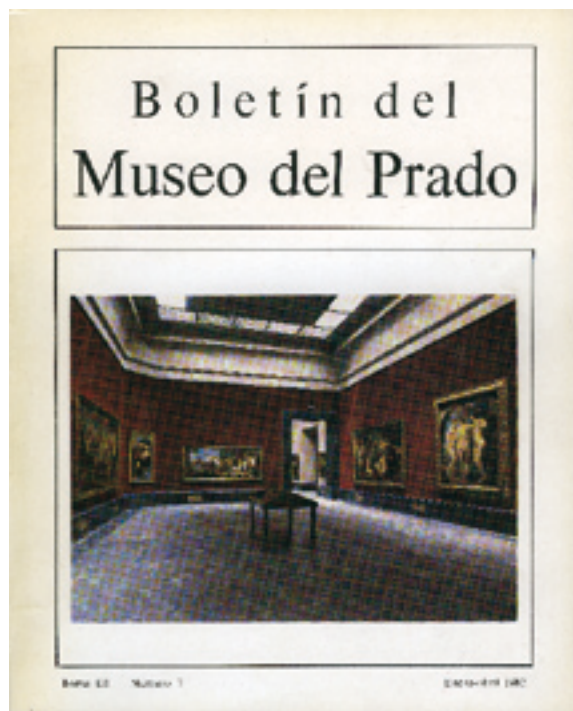
Fig. 13

1. Cola animal: espesor  $\approx 20 \mu$
2. Sulfato de Bario: espesor  $> 80 \mu$
3. Blanco de Plomo; espesor  $\approx 15 \mu$ .
4. Blanca de Zinc y Negro de huesos; espesor  $\approx 80 \mu$ .
5. Blanco de Plomo y Blanco de Zinc; espesor  $\approx 80 \mu$ .
6. Negro de huesos: espesor  $\approx 35 \mu$ .
7. Blanco de Zinc: espesor  $\approx 80 \mu$ .
8. Barniz: espesor  $\approx 10 \mu$ .

Fig. 14

1. Cola animal: espesor  $\approx 20 \mu$ .
2. Sulfato de Bario: espesor  $> 260 \mu$ .
3. Blanco de plomo: espesor  $\approx 15 \mu$ .
4. Blanco de Zinc y Negro de huesos: espesor  $\approx 70 \mu$ .
5. Blanco de Zinc: espesor  $\approx 30 \mu$ .
- 6 Negro de huesos: espesor  $\approx$  de 10 a  $15 \mu$ .
- 7 Blanco de Zinc: espesor  $\approx 40 \mu$ .
8. Blanco de Zinc; espesor  $\approx 15 \mu$ .
9. Barniz: espesor  $\approx 5 \mu$ .

## 6.6 El dibujo subyacente y otros aspectos técnicos de las tablas de Sopetran



### INTRODUCCIÓN

Las tablas de Sopetrán fueron descubiertas por Don Elias Tormo y publicadas a continuación por Don Enrique Lafuente Ferrari en 1929. Se encontraban en una pequeña ermita gótica de la Fuente Santa donde habían sido trasladadas después del derrumbamiento del Monasterio benedictino debido al abandono del mismo <sup>1</sup>

El conjunto que estudiamos técnicamente en la presente publicación está compuesto de dos tablas rectangulares que pudieron formar parte de un retablo dedicado a la Virgen. En cada una de éstas hay dos escenas. Las de la izquierda representan la Anunciación y el retrato del I Marqués de Santillana o de su hijo el I Duque del Infantado orante <sup>2</sup> las de la derecha la Natividad y el Tránsito de la Virgen. Las dos primeras son escenas de inte-

rior mientras que en las segundas el paisaje forma parte de las representaciones además de la arquitectura.

Son consideradas por lo general como pinturas atribuibles a un maestro flamenco que trabajase en España no antes de 1458 fecha de defunción del Marqués. La opinión más generalizada es que pueden encuadrarse dentro del último tercio del siglo. Las influencias que se aprecian en estas pinturas de Campin, Weyden y Memling hacen pensar que el autor pueda proceder de los talleres de Bruselas (1470-1500) que siguen la tradición de estos pintores <sup>3</sup>.

César Pemán <sup>4</sup> analiza las influencias del encabezamiento del Tomo 1 de las Chroniques du Hainaut de la Biblioteca Real de Bruselas en las pinturas de Sopetrán, encontrando profundas similitudes que le llevan a pensar que el pintor estaría en relación con el final de Weyden y el inicio de Memling más que con las escuelas bruselesas del último tercio del siglo por lo que la fecha de la ejecución de las pinturas debe ser algo anterior a lo expuesto por Lafuente Ferrari.

Tampoco es descartada la posibilidad de un maestro español que haya trabajado en Flandes así como la posible importación de las tablas <sup>5</sup>.

Fueron adquiridas para el Museo del Prado con la subvención del Estado en 1934, por cesión del Ayuntamiento de Torres del Burgo (Guadalajara).

### DIBUJO SUBYACENTE

Los dibujos subyacentes mostrados por la reflectografía infrarroja tienen una identidad similar en las cuatro escenas. Las características de los mismos son muy peculiares y determinados detalles existentes en ellos, que



2. La Anunciación. Montaje general de los reflectogramas infrarrojos.



3. Detalle del Arcangel en reflectografía Infrarroja.

veremos a continuación, personalizan a su autor.

Los cuadros fueron diseñados, sobre la preparación, con pigmento negro de origen orgánico. Todas las líneas de dibujo que encontramos son tenues, debido a que el material con que están realizadas se encuentra muy diluido. En las microfotografías figs. 20 (B-2, C-I, D-I) se puede observar con nitidez el lugar que ocupa el dibujo dentro de la estructura de la pintura y lo disgregado del pigmento, fruto de la dilución de que hablamos.

Las escenas están trazadas en sus líneas fundamentales, tanto en las de encajamiento de las figuras, como en las de las arquitecturas, los paisajes y demás detalles accesorios. El dibujo se efectúa para este fin a base de líneas muy largas y rectas. La anchura de

éstas es considerablemente mayor en el trazado de las vestiduras y en el de las arquitecturas que en los demás detalles constitutivos de las escenas. Las líneas quebradas para la realización de los plegados de los mantos, se toman ligeramente curvas para adaptarse a los óvalos de la cara y a la redondez de hombros, codos, etc.

El dibujo es muy somero sobre todo en los rostros, realizados a modo de esquema, y en la mayoría de las vestiduras, arquitecturas y demás elementos. Las zonas que presentan elaboraciones más complejas suelen ser puntuales dentro de cada tema.

Los sombreados tampoco son abundantes. Salvo las excepciones que veremos posteriormente, se presentan aislados en determinadas zonas de plegados de las vestiduras



4. El I Marqués de Santillana o su hijo el Duque del Infantado. Detalle en reflectografía infrarroja del Donante en el que se observan los desplazamientos de las manos y hombro derecho.

de los personajes, en algunas columnas de las arquitecturas y en muy poca cantidad en las carnaciones. Suelen ser cortos, paralelos y bastante rectos, de anchura mucho menor que la de los de encajamiento general. A veces, siguiendo las mismas características, se alargan e incluso se muestran dispuestos en forma de paralelas cruzadas. Vemos también, en puntos aislados, la aparición de sombreados en forma de espigas y de zig zag. Pero lo más característico dentro de estos trazos, es la existencia de unos muy pequeños, a modo de puntos, bien sea alineados

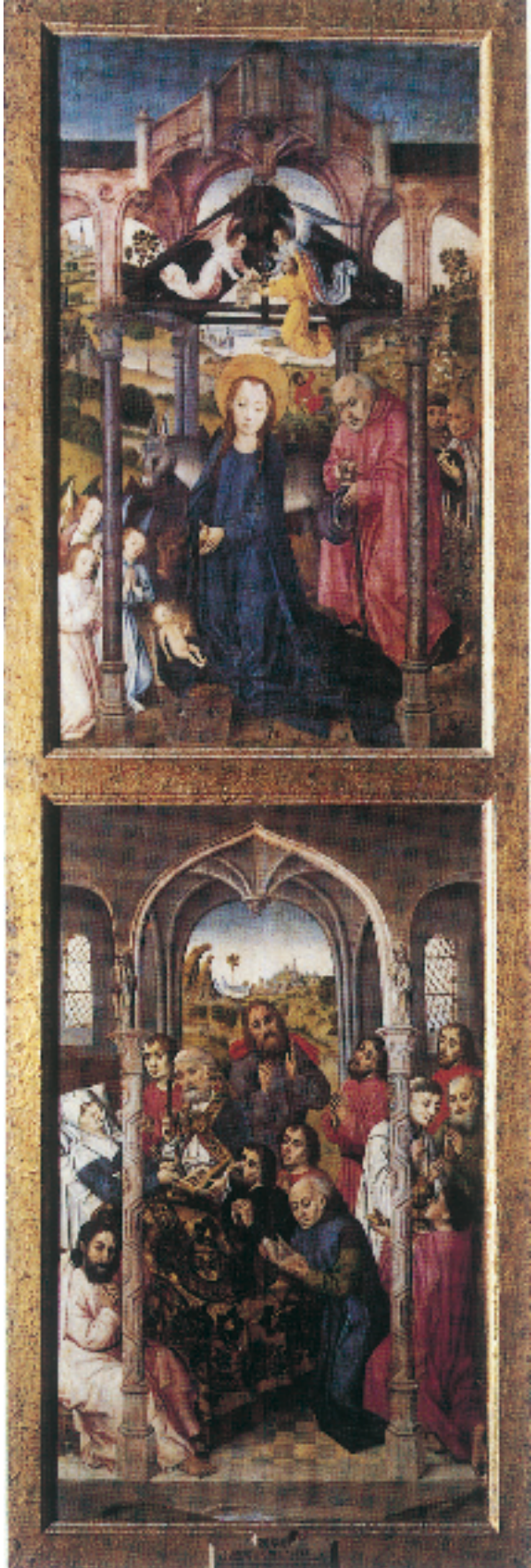
o dispersados irregularmente. En el primero de los casos son difíciles de detectar, dado su tamaño, y constituyen la nota más peculiar de estos dibujos subyacentes.

La Anunciación de la Virgen (fig. 2) es la escena que muestra mayor elaboración en su diseño preparatorio. La figura del Arcángel presenta el dibujo más completo y resume los diferentes trazos que pueden encontrarse en el resto del conjunto estudiado (fig. 3). Podemos observar la existencia de los trazos largos de encajamiento general, así como el complejo sombreado tanto de sus vestiduras como de sus alas. Aparecen en su realización, los pequeños y paralelos en los bordes de los que enmarcan las líneas generales, y otros ligeramente más largos, aunque de las mismas características; las paralelas cruzadas de gran tamaño en sus alas, y también otras de una menor dimensión; los que tienen forma de espiga y zig-zag, así como los pequeñísimos, típicos del pintor <sup>6</sup>. Inclusive el rostro presenta un sombreado más importante de lo que es habitual. En los rizos del pelo, el trazo se curva resultando someramente perfilados.

Es también muy interesante el diseño del dosel de la cama situada al fondo de la escena. Aparece en las zonas rectangulares superiores y en las caídas laterales, un sombreado a base de paralelas cruzadas que forman una auténtica cuadrícula. En el fondo se sombrea con líneas oblicuas los lados de los pequeños rectángulos resaltando la cuadrícula.

El vestido de la Virgen y su manto presentan también un trabajo minucioso, sobre todo en las zonas bajas de los pliegues. Todos los demás elementos de la escena están diseñados según la líneas generales expuestas.

Existen ligeras modificaciones de forma en el óvalo de la cara de la Virgen y su boca. También se observan pequeñas rectificaciones en la mano izquierda del Ángel y en algunos plegados de los mantos y túnicas de ambas figuras, así como en el encajamiento de algunos elementos de la escena, que no revisten



1. Tablas de Sopetrán:

La Anunciación (num. cat 2575)

El I Marques de Santillana o su hijo el I Duque del Infantado orante (num. cat. 2576)

La Natividad (num. cat. 2577)

El Tránsito de la Virgen (num. cat. 2578)





5. Detalle en reflectografía infrarroja del acompañante del Donante, mostrando la superposición del personaje sobre la puerta y el desplazamiento de la pena.

mayor importancia en la realización posterior.

En la representación del donante orando, el dibujo subyacente observado es muy somero <sup>7</sup>. Sigue las mismas trazas de los demás y no hemos encontrado ninguna zona especialmente tratada. Probablemente lo más interesante de los documentos obtenidos son los desplazamientos y los cambios de composición.

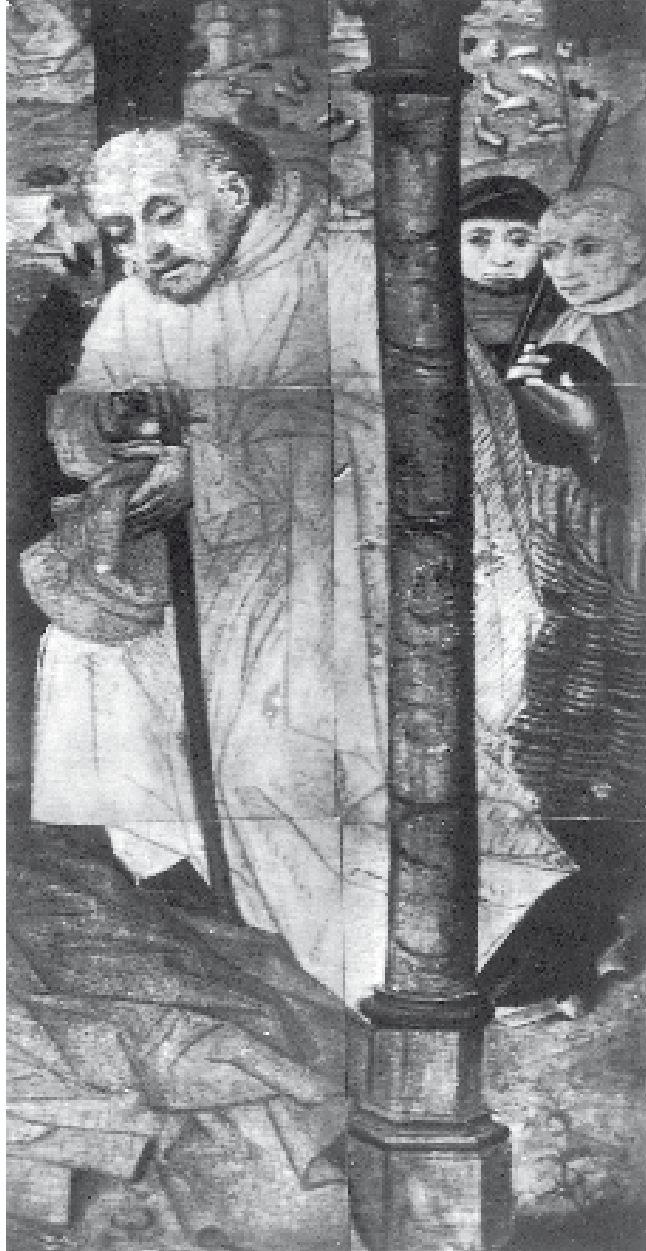
La figura del donante presenta un desplazamiento lateral izquierdo de las manos en el dibujo con respecto a la realización final. En el hombro derecho se aprecia una fuerte rectificación de forma y desplazamiento ascendente, dada la posición más elevada y diferente con que éste había sido proyectado (fig. 4).

En el joven acompañante del donante se observa que su presencia en el cuadro fue un añadido a la composición ya terminada, viéndose su imagen sobrepuesta a los clavos de la puerta del fondo. La pena de la toca que sujeta este personaje tiene un desplazamiento lateral izquierdo realizado sobre las losetas después de que éstas fueron finalizadas (fig. 5).

La arquitectura interior de la Iglesia muestra rectificaciones de forma en cuanto al tamaño de las ventanas superiores, en el trazado de sus celosías y en la posición de algunas columnas.

El diseño de la escena del Nacimiento de Jesús es muy esquemático, tanto en las figuras como en la arquitectura primitiva y en los fondos de paisaje. El dibujo se reduce a las líneas generales de encajamiento de los distintos elementos y a ligeros trazos de sombreado, fundamentalmente en los plegados de los mantos de las figuras de San José y la Virgen (fig. 6 y 7).

Hay que reseñar como detalle de gran importancia, la arquitectura añadida en la parte superior, sobre la estructura de madera



6. La Natividad. Detalle en reflectografía infrarroja de San José y su entorno.

de la techumbre original. Una vez terminado el cuadro con un fondo de celaje, se ha dibujado sobre la capa pictórica con trazos sueltos y abundantes, no tan rígidos como los del dibujo subyacente, una arquitectura con arcos muy similares a los que aparecen en la escena del donante. Los del lado izquierdo del Nacimiento son muy parecidos a los del lado derecho del donante. Todavía posteriormente fueron modificados en la ejecución final con los pigmentos (fig. 8).

La técnica de este dibujo es diferente, al igual que la materia e instrumento con que fue realizado, de la utilizada en el dibujo subyacente primitivo, general para todos los cua-

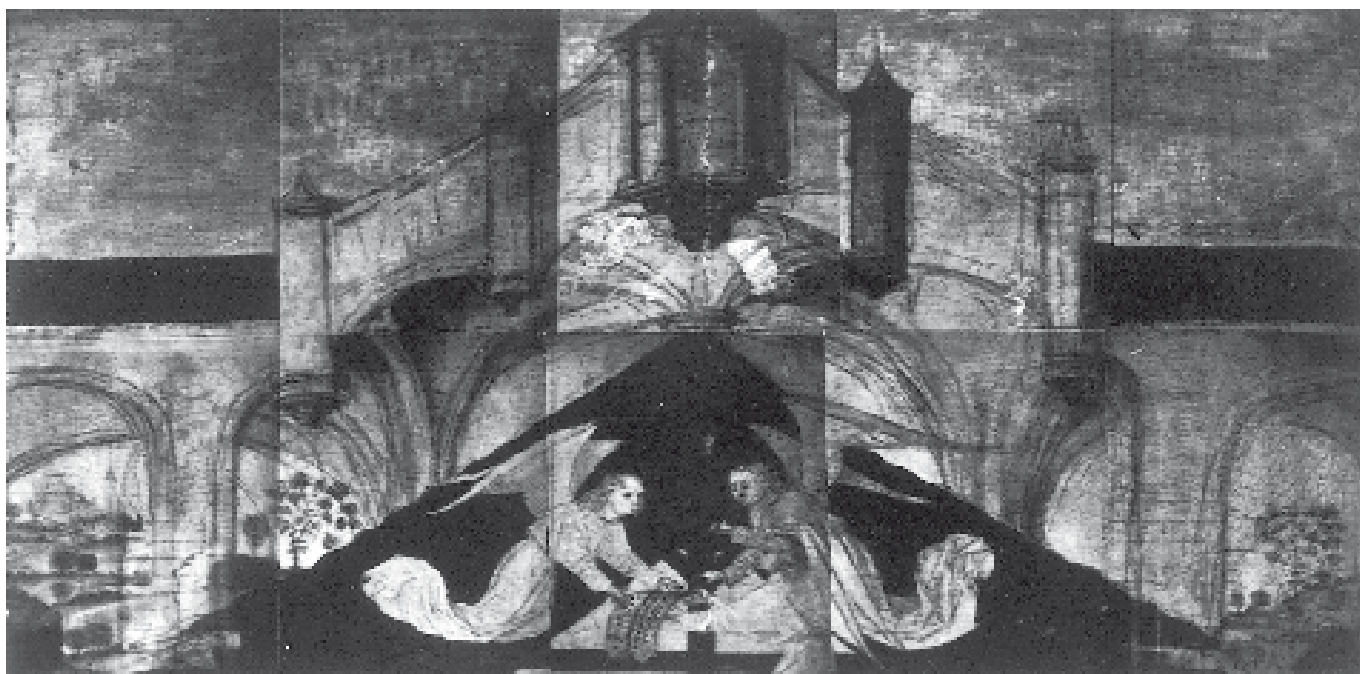


7. Detalle de las manos y manto de la Virgen en reflectografía infrarroja.

dros. En éste, el material empleado pudiera ser el grafito frente a la materia pictórica con negro orgánico del llevado a cabo en primer lugar.

Existen ligeras rectificaciones de forma del proyecto inicial en el óvalo de la cara de la Virgen, y en el borde inferior de la del primer ángel arrodillado en el lado izquierdo, así como otras de menor importancia. Ninguna afecta esencialmente a la ejecución posterior.

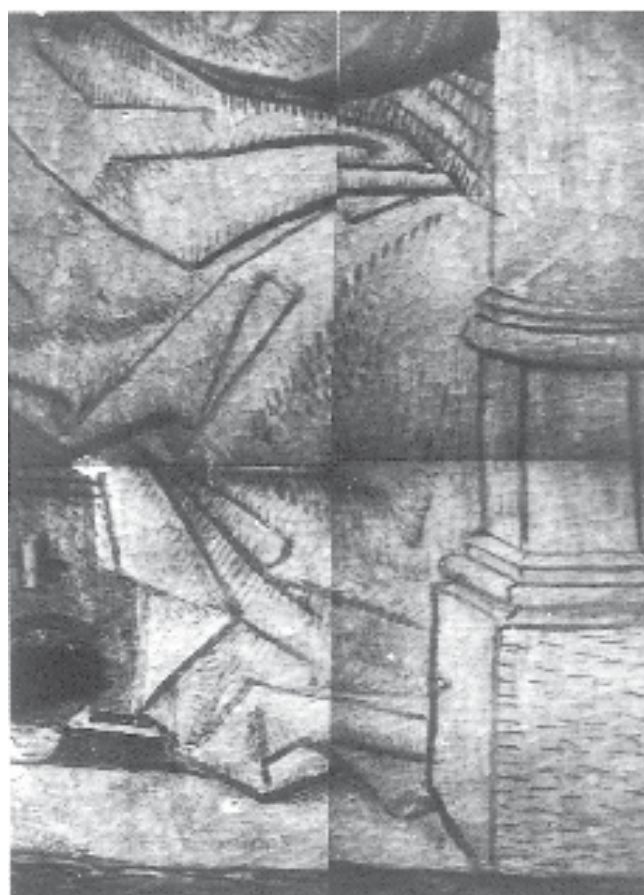
En la representación del Tránsito de la Virgen encontramos un diseño general al estilo de los anteriormente analizados, y un trazado más minucioso en la figura del Apóstol sentado en primer término en el lado izquierdo de la escena y en el basamento de la columna del mismo lado, convirtiéndose el sombreado de algunas zonas en un punteado que rellena todo el espacio a base de pequeños trazos y de otros ligeramente mayores (fig. 9, 10 y 11). Los trazos cortos a borde de los de encajamiento aparecen aquí con toda nitidez, al igual que los pequeñísimos



8. Detalle en reflectografía infrarroja de la arquitectura añadida después de la ejecución pictórica de un fondo de celaje en la escena de la Natividad.



9. El Tránsito de la Virgen. Detalle del lado izquierdo en reflectografía infrarroja. Nótese la Palma del Paraíso en la mano de San Juan.



10. Detalle en reflectografía infrarroja del apóstol sentado en el lado izquierdo del cuadro y del basamento de la columna del mismo lado.



11. Detalle en reflectografía infrarroja del borde de la túnica y del pie del apóstol de la fig. 10.



12. Detalle del ángel que aparece subyacente bajo el celaje del fondo. Reflectografía infrarroja.

que personalizan al pintor. Estos últimos también pueden observarse en la cara y toca de la Virgen <sup>8</sup>. Existen también en el borde de la túnica del Apóstol trazos en zig-zag, similares a los que aparecían en las alas del Arcángel de la Anunciación. (fig. 11).

La escena presenta cambios de composición interesantes iconográficamente entre el dibujo subyacente y la realización final. En el cielo del paisaje que se abre al fondo de la composición fue proyectado un ángel posteriormente no pintado. Probablemente, se trata del Ángel que recoge el alma de la Virgen, según la tradición bizantina sobre el tema (fig. 12).

Siguiendo la misma tradición, vemos en el dibujo subyacente que el Apóstol a la derecha de San Pedro lleva entre sus manos la Palma del Paraíso, objeto éste que lo identifica con San Juan, del mismo modo que puede deducirse esta atribución por la situación que ocupa en la escena <sup>9</sup>. La supresión de la Palma es debida a que existe un desplazamiento lateral izquierdo del diseño de la colu-

ma y su capitel que pasan sobre este Apóstol, que al ser pintados en la realización pictórica más a la derecha han ocultado parte de los dedos de la mano y por consiguiente la Palma que llevaba entre ellos (fig.9).

Se observa en la mayoría de los apóstoles el dibujo de una corona circular. Es curiosa la aparición, en el grupo del lado derecho en el fondo detrás de la columna, de una corona sin la correspondiente cabeza de apóstol, de lo que puede deducirse una variación en la disposición de los personajes en el momento del proyecto <sup>10</sup>

Hay rectificaciones de forma en la nariz, ojos y boca de la Virgen, así como en el rostro en general del joven apóstol arrodillado en la zona central del cuadro. También se ven otras de menor relevancia en trazos de encajamiento de figuras, arquitectura y paisaje.

## ESTUDIO RADIOGRÁFICO

El estudio radiográfico llevado a cabo en las cuatro escenas del conjunto es de

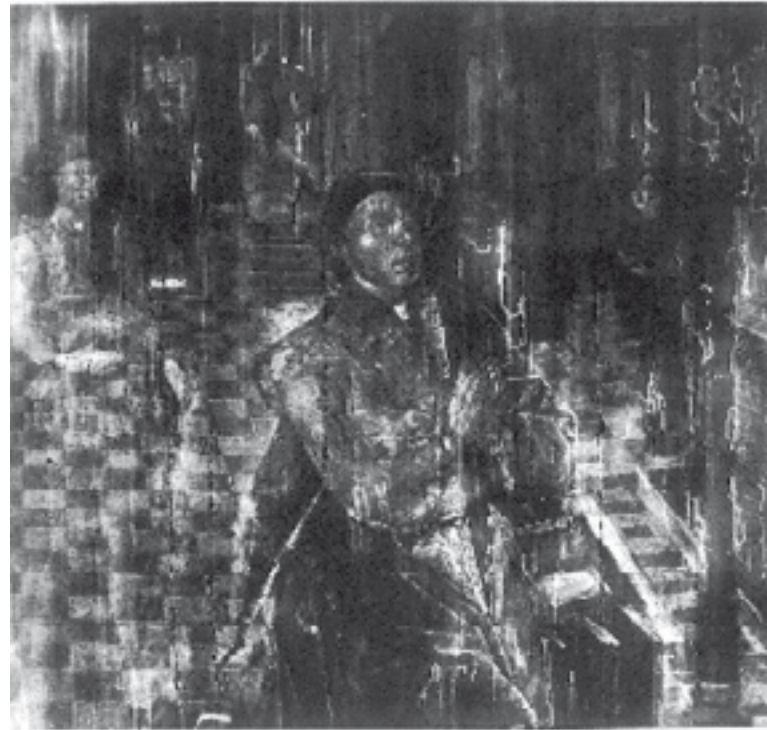


13. Detalle de la cabeza de la Virgen en reflectografía infrarroja en el que se aprecian con nitidez los pequeños trazos de sombreado que personalizan al autor.

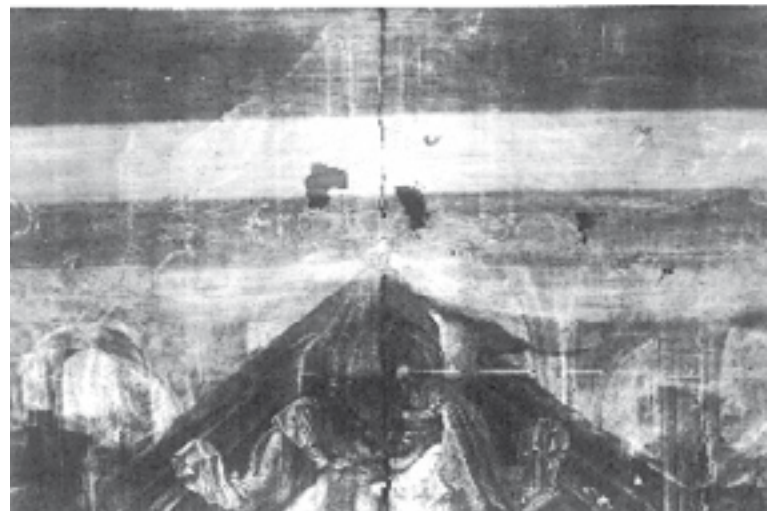
unas características muy homogéneas <sup>11</sup>. Los documentos obtenidos presentan un buen contraste radiográfico debido al empleo de pigmentos con elementos de elevado peso atómico, como el blanco de plomo, el amarillo de plomo y estaño y el rojo de mercurio.

Esto se evidencia principalmente en las tonalidades claras que son muy abundantes en estas pinturas, pero incluso en zonas más oscuras, como pueden ser los rojos y azules, al tener en sus mezclas los pigmentos antes indicados, resultan contrastadas también en las radiografías. Las líneas que delimitan los mantos y los plegados así como otros elementos de las composiciones como también las luces superficiales, se realizan a base de toques con los materiales de plomo antes indicados. El empleo de estos pigmentos aparece generalizado en las mezclas de las distintas capas que componen los colores, a excepción de las veladuras de superficie dadas con lacas y resinas en las zonas rojas y verdes respectivamente <sup>12</sup>.

Las líneas esenciales de la arquitectura, sobre todo las que marcan las losetas del suelo, fueron trazadas incisivamente para poner en perspectiva las escenas de interior. La penetración del blanco de plomo de la imprimación en ellas hace el trazado más nítido.



16. Detalle en Rayos X del Donante y de su acompañante en el que se ve con claridad como éste último ha sido superpuesto a la arquitectura y al suelo.



18. Detalle en rayos X de la arquitectura superpuesta en la escena de la Natividad sobre el fondo de celaje ya concluido. También se observan los cambios de composición de los arcos del lado izquierdo.



14. La Anunciación. Radiografía general. El jarrón de las azucenas y la pequeña figura del Dios Padre sobre la chimenea han sido superpuestas a la composición.

Las pinturas han sido realizadas sin cambios de composición profundos, salvo algunas excepciones que veremos posteriormente en el examen detallado. Por lo general son llevadas a cabo sin correcciones y de una manera muy directa, respetando estrictamente las delimitaciones de cada elemento en cada una de las escenas.

En la Anunciación, los únicos detalles no previstos y a los que no les ha sido respetado el sitio, han sido el jarrón con las azucenas y la figurilla del Dios Padre con las tablas de la Ley que aparece sobre la chimenea, que fueron añadidos a la composición después por el mismo autor. En el primer caso las losetas del suelo se transparentan detrás del jarrón y el manto de la Virgen tras las azucenas. En el segundo, el Dios Padre está



15. El I Marqués de Santillana o su hijo el Duque del Infantado orante. Radiografía general.

superpuesto a la línea curva de la campana de la chimenea sobre la luz de la ventana. (fig. 14).

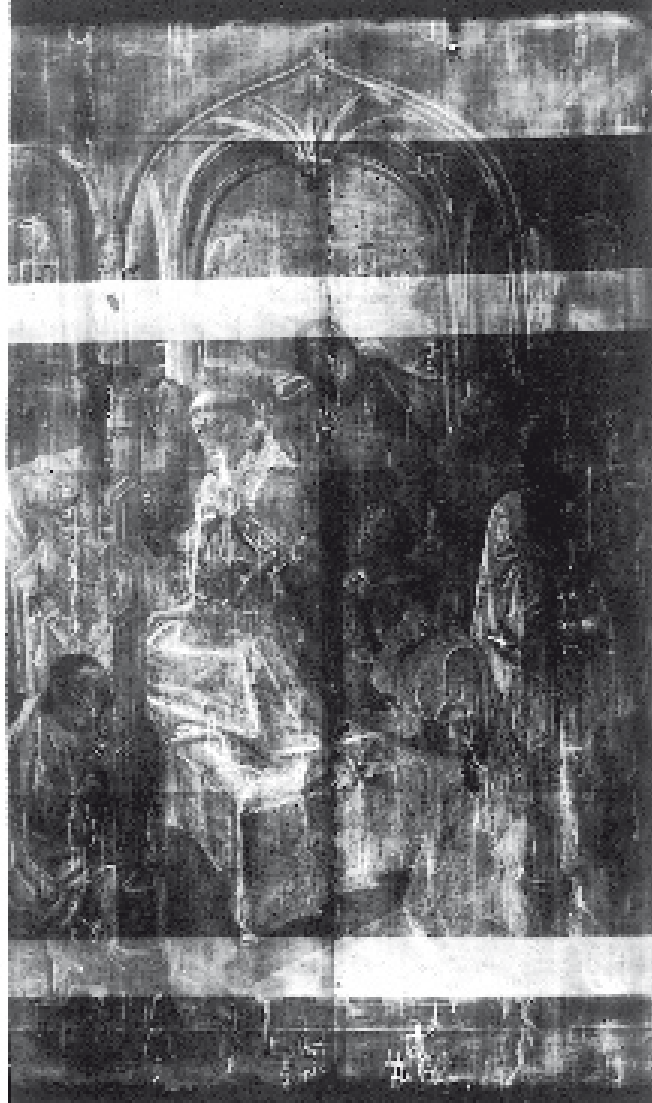
La escena del donante pone de manifiesto la adición posterior del joven acompañante que sostiene la toca del personaje principal (al que no le fue reservado espacio, como normalmente hace el pintor con todos los elementos). En el dibujo subyacente ya veíamos los clavos de la puerta del fondo pertenecientes a la realización final bajo el pecho del personaje. En las radiografías (fig. 15 y 16) se aprecia cómo el personaje se superpone a las losetas del suelo y a la arquitectura del fondo, diferenciándose del resto de la composición en donde los espacios de cada figura y de cada detalle están perfectamente delimitados por las materias pictóricas.



17. La Natividad. Radiografía general.

Existen variaciones pictóricas en el hombro derecho del donante igual que sucedía en el dibujo. Dicho detalle aparece en el documento radiográfico con mayor desarrollo y modificaciones de posición. También se observa que el borgeguí izquierdo ha sido ligeramente retocado.

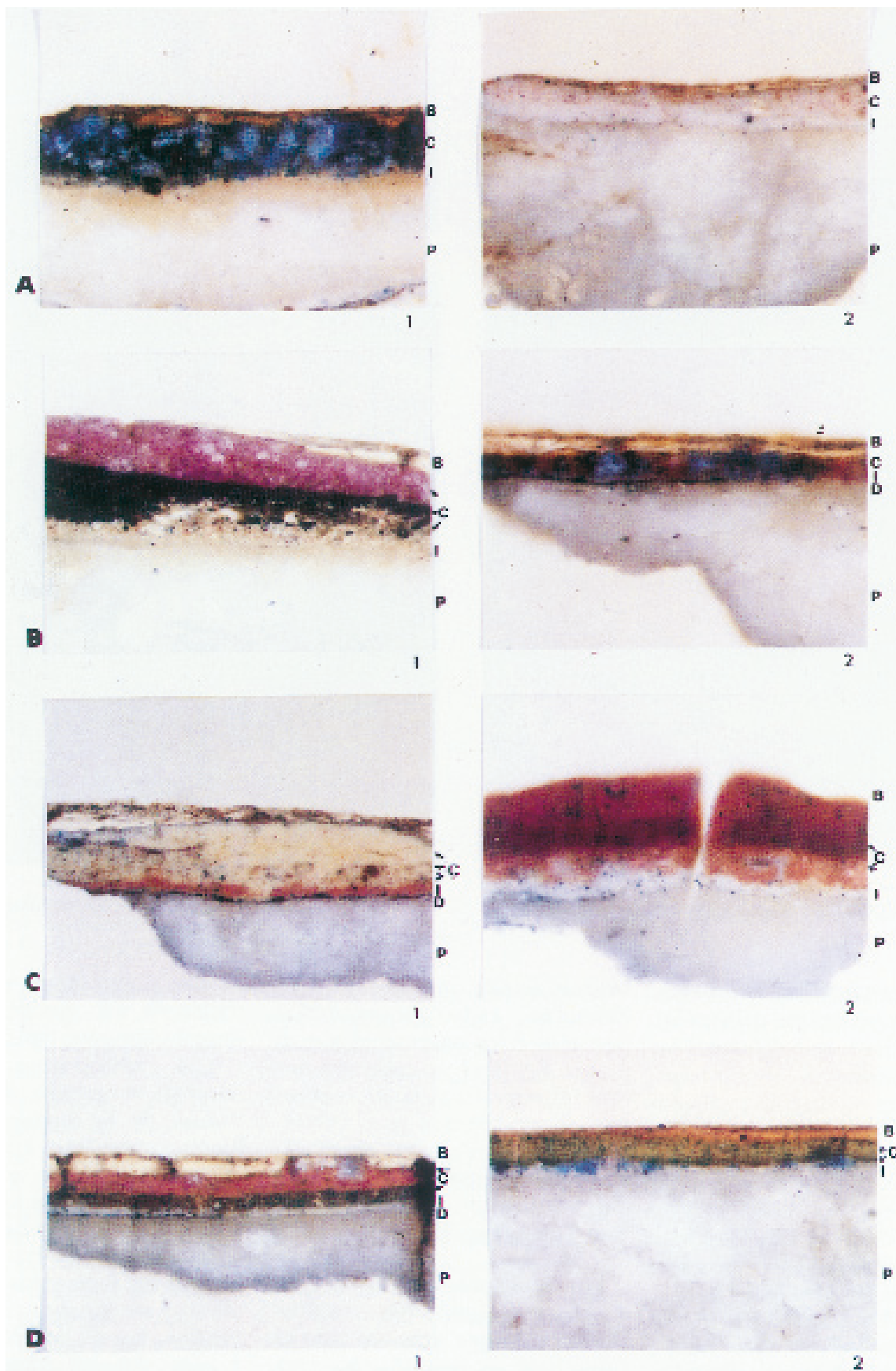
Como vimos en el estudio del dibujo preparatorio de las escenas, en el Nacimiento de Jesús la arquitectura superior fue modificada en el transcurso de la realización del cuadro. En la radiografía se aprecia con nitidez cómo la escena estaba rematada por una gran zona de celaje con nubes similares a las que aparecen en los lados que quedan libres de arquitectura actualmente. La imagen radiográfica reafirma la idea de la superposición, una vez terminada la pintura, del dibujo de la arquitectura añadida. Existen además modifi-



19. El Tránsito de la Virgen. Radiografía general.

caciones en la ejecución de esta zona con la materia pictórica, al igual que pasaba con el dibujo. En los arcos de la zona izquierda se ven bajo los actuales, otros muy similares a los del lado derecho de la escena del donante, mientras que en la ejecución final son diferentes. (figs. 17 y 18).

En el Tránsito de la Virgen la realización de la obra no muestra cambios importantes que reseñar en la composición general de la escena. Ligeros retoques que pueden ser observados en un examen minucioso, tanto en ésta como en las otras escenas, no modifican en nada el conjunto, ni añaden ningún detalle que no estuviera delimitado en su proyecto. Lo que sí se hace patente es que el pintor no lleva a cabo los temas iconográficos tradicionales que observábamos en el dibujo subyacente: el Ángel diseñado en la parte superior, y la



20. Microfotografías 40 x. Iluminación mixta. Localización:

A) 1. Anunciación: Azul del manto de la Virgen. 2. Natividad: Carnación, rostro de San José.

B) Donante: 1. Superposición de la zona roja sobre la negra en el hombro del donante. 2. Tono malva debajo del hombro del donante.

C) Tránsito de la Virgen: 1. Brocado de la tela que cubre su cama. 2. Rojo del manto de un apóstol del lado derecho.

D) Tránsito de la Virgen: 1. Naranja del manto del apóstol situado en el fondo sobre el paisaje (tomada en el cuello). Nótese la superposición del color naranja sobre el verde paisaje sobre el verde paisaje de la capa anterior. 2. Verde del manto de un apóstol del lado derecho.<sup>18</sup>



Palma del Paraíso en las manos de San Juan (fig. 19).

Por la magnitud de la pérdida de pintura, queremos resaltar el gran roto que aparece bajo el capitel de la derecha en esta escena y que afecta a parte del rostro de San Andrés que está inmediatamente detrás de ella.

Las radiografías muestran además el estado de conservación de la madera, atacada fuertemente por xilofagos en épocas anteriores a la de su restauración 13, así como la carencia de preparación y pintura en las juntas de las tablas, en los bordes y en otras zonas que afectan en muchas ocasiones a rostros, zonas de arquitecturas y otros lugares importantes.

#### Materiales y Técnica

Dos grandes tablas de madera de roble constituyen los soportes sobre los que han sido pintadas las cuatro escenas. La situada a la izquierda con las representaciones de la Anunciación y del Donante, está formada por tres tablones verticales con unas dimensiones totales de 203 ( $\pm 1$ ) x 60 ( $\pm 0,5$ ) cm. Tanto la escena superior como la inferior ocupan una zona pintada prácticamente igual: 98,5 x 60 ( $\pm 0,5$ ) cm. La tabla colocada a la derecha, con las composiciones de la Natividad y el Tránsito ha sido realizada por la unión de dos tablones que miden en total 202 ( $\pm 1$ ) x 60 ( $\pm 0,5$ ) cm. El tamaño de la escena superior es igual al de las pinturas del lado izquierdo, mientras que la inferior mide 0,5 cm. menos de altura.<sup>14</sup>

Como podemos comprobar por las medidas, las escenas de ambas tablas son prácticamente iguales. Las pinturas llegan a los bordes laterales en todos los casos, mientras que en los inferiores y superiores dejan un espacio libre, sin pintar, de 1 a 1,5 cm. En la zona central, entre composición y composición existe también un espacio libre de pintura, que en

el soporte izquierdo oscila entre 3,5 y 4 cm., mientras que en el derecho es de 2,5 cm. Sobre estas zonas respetadas se adaptaba la arquitectura, origen de los labios que presentan las tablas en los bordes horizontales. En las radiografías se observan los agujeros dejados por los elementos sustentantes de esta estructura primitiva.

La madera de roble fue rebajada en su grosor original ya que se pueden observar con claridad por el reverso los canales cortados y al aire, producidos por los insectos xilófagos que la atacaron. Su espesor actual en ambas tablas va desde 0,7 a 1 cm. En algunas zonas de oquedades, sobre todo en el panel izquierdo, éstas han sido enmasilladas con una pasta de serrín y cola. Los travesaños horizontales que se observan (dos en cada soporte) son de madera de pino y modernos, por lo que deben atribuirse a la restauración ya reseñada aplicada a las tablas, al igual que el resto de las manipulaciones sufridas por la madera.

Las cuatro pinturas han sido llevadas a cabo con los mismos materiales y siguiendo una estructuración similar en sus características particulares.

La preparación, muy fina, fue aplicada en una sola capa según apreciamos en las láminas delgadas efectuadas (fig. 20). Es de carbonato de calcio ligado con cola animal, siendo su espesor máximo medido de 1/2 mm. Presenta en superficie una impregnación con una sustancia oleaginosa, que penetra a veces hasta 150 micras.

Una vez preparada la tabla se llevó a cabo el dibujo subyacente, como podemos observar en las microfotografías fig. 20 (B-2, C-I y D-I), señalado el estrato con la letra D. Es una capa muy fina entre 1 y 2 micras, y el pigmento, un negro orgánico, se encuentra muy disgregado.

Sobre el diseño existe una fina capa de blanco de plomo, de 2 a 15 micras medidas, de imprimación. Su misión es velar y fijar un

poco el dibujo subyacente allí donde existe y preparar el efecto del color. Aparecen en suspensión dentro de este estrato pequeñas cantidades de pigmento negro.

Siguiendo la estructura que muestran las láminas delgadas, vemos que a continuación ya se encuentra la realización de la pintura propiamente dicha. Los materiales colorantes analizados en diferentes puntos de las representaciones son iguales, y fundamentalmente se han detectado los siguientes <sup>15</sup>:

Blanco: blanco de plomo

Azul: azurita

Rojo: bermellón de mercurio, laca orgánica roja, óxido de cobre y óxido de hierro.

Negro: negro de carbón orgánico

Verde: cardenillo y resinato de cobre.

Marrón: óxido de hierro

Amarillo: amarillo de plomo y estaño.

El blanco de plomo es la materia pictórica de base en la ejecución de las pinturas. Lo encontramos mezclado con un poco de negro y ocres, en la realización de las arquitecturas; con la laca orgánica roja y el bermellón de mercurio, en las carnaciones, mantos y zonas rosadas de arquitectura; con la azurita, en los celajes y en los mantos; con el amarillo de plomo y estaño, en los mantos que tienen este color; con el cardenillo y el amarillo de plomo y estaño, en las zonas verdes del paisaje, etc. Naturalmente, las proporciones en las que se mezcla este pigmento con las materias colorantes está en función de la intensidad del tono que busca el pintor. <sup>16</sup>.

Otra mezcla interesante es la del amarillo de plomo y estaño que se combina con el bermellón de mercurio para la realización de los naranjas, y con el verde en la realización de algunos ropajes y en zonas de paisaje sobre todo en los árboles. También es empleado para dar toques de luz en los cabellos de las figuras. Tanto este pigmento como el anterior son los causantes, como

hemos visto, del buen contraste radiográfico de las pinturas.

Las zonas más elaboradas de la composición corresponden a los mantos rojos y a los brocados en que la estructura resultante es debida a la superposición de dos o tres capas de color. Las demás se realizan de una manera muy simple a base de una sola capa de materia colorante realizada como hemos visto anteriormente. Los únicos pigmentos que aparecen sin mezclarse con otros son la laca roja y el resinato de cobre, cuando son aplicados en superficie a modo de veladura.

Los mantos rojos presentan, como decimos, un tratamiento diferente. (Fig. 20-C-2). Sobre la imprimación se ha dado una primera base de amarillo de plomo y estaño con bermellón de mercurio, y a ésta se han superpuesto dos capas de laca orgánica roja. Los brocados se realizan tendiendo primeramente una tonalidad general y luego se pinta con otra el dibujo del brocado (por ejemplo fig. 20-C-1). En casos de brocados más complejos, el número de superposiciones del color aumenta.

La consecución de los tonos malvas se efectúa con la mezcla de tres pigmentos, además del blanco de plomo, la azurita, el bermellón de mercurio y la laca roja machacada aplicados en un solo estrato. (Fig. 20-B2).

Por último, en cuanto a los pigmentos se refiere, hay que reseñar que en el blanco de plomo se detectan cantidades pequeñas de estaño e impurezas de estroncio e hierro.

El aglutinante de la capa de imprimación, así como en las de color, excepto en las de veladura de lacas y resinatos, es una mezcla de sustancias óleo/acuosas, según se desprende de las pruebas de solubilidad realizadas.

Las capas translúcidas que se observan en las micromuestras en superficie, superpuestas a las de color son de barniz resinoso aplicadas (por lo general son dos) en restauraciones recientes. Tienen un espesor total en torno a las 30 micras máximo medido.

Los elementos materiales utilizados en la ejecución de estas pinturas, soporte, preparación, pigmentos y aglutinantes, son normalmente empleados dentro de las técnicas flamencas. No han sido encontrados sin embargo elementos muy clásicos, tales como las veladuras de lapislázuli en la realización de los mantos azules. La técnica es muy flamenca pese a la falta de estas veladuras típicas de las tradiciones del siglo XV en Flandes. Cabe sin embargo la posibilidad de que hubieran desaparecido en el transcurso de manipulaciones tan importantes como las que han sufrido estas tablas.

Los documentos radiográficos tienen fuertes contrastes, también habituales dentro de la técnica flamenca, y unos cambios de composición muy significativos. El dibujo subyacente fluctúa entre zonas muy detalladas y otras, la mayoría, que muestran esencialmente las líneas de encajamiento general. El cambio

de composición en la escena de la Natividad que recrece la arquitectura por medio de un dibujo diferente al subyacente, realizado sobre el celaje ya concluido, nos hace pensar que pudiera ser la primera escena pintada del conjunto y que, a la vista de las otras ya concluidas, haya podido ser llevado a cabo para igualar las composiciones. También pudiera ser que, tanto este cambio como los personajes y objetos añadidos que vemos en las radiografías, sin dibujo, ni delimitación previa, sean debidos a la terminación de las pinturas por el maestro, realizadas dentro de un taller.

Pese a todo lo expuesto, persiste la duda sobre el origen flamenco de las tablas o de su autor 17, lo cual habrá de ser analizado comparativamente a la vista de futuras documentaciones complementarias obtenidas del estudio de otras obras consideradas dentro de la problemática de la Pintura Hispano-Flamenca. ■

---

## NOTAS

1 Bibliografía: LAFUENTE FERRARI, E.: Las tablas de Sopenran. "Boletín de la Sociedad Española de Excursiones", 1929, págs. 100-111. PEMAN, C.: Sobre las tablas de Sopenran. "Boletín de la Sociedad Española de Excursiones" 1930, págs. 128-130. Post. Ch. R.: History of Spanish Painting. Cambridge, Mass. 1933, 1. IV, págs. 80-81. Museo del Prado: Inventario de Nuevas Adquisiciones n.º 1671-1674, págs. 133-134. Museo del Prado: Catálogo de 1972, n.º 2575-2578, págs. 811-812.

2 LAFUENTE FERRARI, E.: Ob. cit., págs. 105-106, siguiendo el texto de Fray Antonio de Heredia del siglo XVII y otras historias anteriores sobre el Monasterio, se inclina a pensar que el Donante representado es don Iñigo de Mendoza, 1 Marqués de Santillana y benefactor del Monasterio y no el de su hijo ya que no consta que éste siguiese con la protección de su padre hacia esta institución. Cree que puede tratarse de un retrato póstumo (el Marqués murió en 1458), encargado con-

memorativamente. Añade que el joven acompañante, de rasgos físicos muy similares al Donante, pudiera ser su hijo. Veremos posteriormente, en los exámenes efectuados, que esta figura fue añadida sobre la pintura terminada y que no tenía el sitio respetado dentro de la composición.

3 En el tema de la Anunciación, LAFUENTE FERRARI, (ob. cit.) piensa, por el gran parecido que tiene con cuadros del mismo asunto realizados por Weyden, y basándose en la inversión de la función de las manos de los personajes principales, que el autor está copiando un grabado.

4 PEMÁN, C.: Ob. cit. las semejanzas las ve, no sólo en los detalles, sino en los rasgos físicos del Donante y su acompañante con otros personajes de dicha miniatura. También analiza el gran parecido de las vestiduras.

5 Bien es conocido por todos las distintas posibilidades existentes dentro de las pinturas correspondientes al estilo hispano-flamenco.

6 Los trazos más curvos que se observan en el sombreado de las alas hay que distinguirlos de los del dibujo suyacente, ya que están realizados encima de la pintura para reforzar las líneas. En el documento infrarrojo, al estar también realizados con pigmento negro, se manifiestan a la vez que los del proyecto.

7 La penetración del infrarrojo en este cuadro es menor, debido en la figura principal al empleo abundante del negro en la ejecución pictórica, y al deterioro de la pintura que presenta abundantes repintes en sus vestiduras. Las zonas de brocados, o tratadas como tales, son así mismo difíciles de penetrar.

8 La reflectografía infrarroja de las figuras 10, 11, 12 y 13 ha sido realizada con el equipo Grunding Mod. FA 70H, que aunque da una imagen de mayor nitidez, es de una resolución similar al Siemens existente en el Museo.

9 REAU, L. *Iconographie de l'art chretien*. Vol II, *Iconographie de la Bible Nouveau Testamet*, págs. 600-608. La Palma del Paraíso que porta San Juan, le ha sido entregada por la Virgen. El a su vez a depositado entre las manos de ésta el cirio encendido. La Palma, es la misma que tres días antes le ha sido dada a la Virgen por el Arcangel San Miguel, al anunciarle su muerte. Tanto este tema iconográfico, como el del Angel que aparece en la parte superior para recoger el alma de la Virgen, son temas bizantinos que pasan al arte Occidental.

10 La corona de la Virgen de la Natividad hace pensar a LAFUENTE FERRARI (ob. cit.) en que la obra pueda ser debida a un pintor español. Las coronas proyectadas sobre las cabezas de la mayoría de los apóstoles de la escena del Tránsito son del mismo estilo.

11 Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: 30 kV, 12 mA, un minuto y quince segundos, a 2 metros y 20 centímetros de distancia entre foco y película. Material sensible: Kodak X-Omat (triple film 30 x 30) impresionado en una sola vez. Revelado automático.

12 En la bibliografía técnica extranjera se denominan "glacis" a estas capas traslúcidas, diferenciándose el concepto de veladura constituido por capas aplicadas al final de la ejecución para suavizar transiciones bruscas.

13 Fue restaurado en los años sesenta por Vicente Jover.

... Medidas más detalladas de cada una de las tablas que componen cada soporte, han sido tomadas de las radiografías, ya que la estructura original es difícil en la contemplación visual, por las transformaciones sufridas por la madera. Dichas medidas pueden ser consultadas en el archivo del Gabinete técnico.

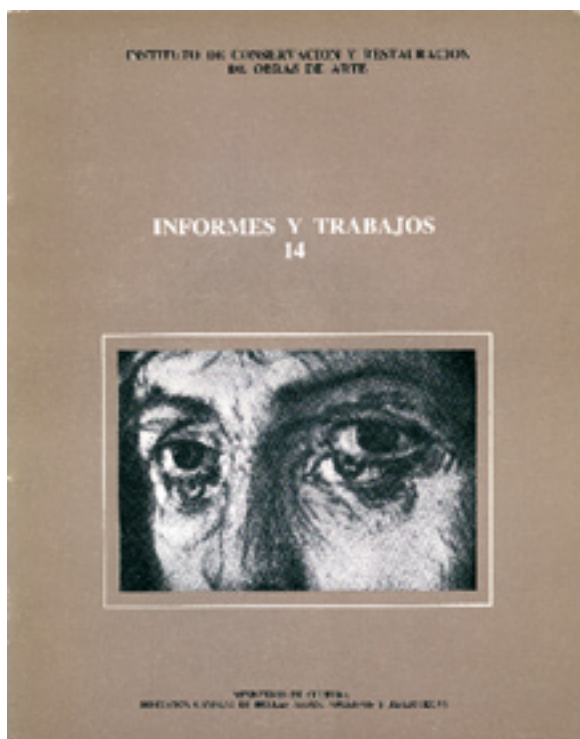
15 Los elementos químicos han sido determinados con el equipo de espectrometría de rayos X por energía dispersiva, excitando con fuente radiactiva de Am 241.

16 El tamaño de las capas de color es variable en cada caso y en cada tonalidad. Suelen oscilar entre las 20 y las 100 micras los espesores medidos en las micromuestras realizadas.

17 La problemática de autor en la pintura hispano-flamenca, pintores españoles que reciben allí enseñanzas, pintores flamencos que vienen a España, pintores que siguen el estilo influenciados por la importación de tablas, importación de materiales de origen flamenco, etc., es el objeto de un estudio más profundo que venimos realizando en colaboración con el profesor Roger Van Schoute de la Universidad Católica de Lovaina, y que ha iniciado su camino en los trabajos que han dado lugar a la comunicación presentada conjuntamente en el Coloquio Hispano-Belga celebrado en Bruselas en noviembre de 1981. Actas en prensa.

18 Las diferentes capas o estratos de la pintura han sido indicados en el margen derecho de las microfotografías con las siguientes iniciales: P: preparación; D: diseño; I: imprecación; C: color (existen subdivisiones dentro de esta capa, ya que puede estar constituida por dos o tres superpuestas); B: barniz.

## 6.7. Pedro Berruguete: El dibujo subyacente de la predela del retablo mayor de la Iglesia de Santa Eulalia de Paredes de Nava



La predela del retablo de Paredes de Nava (Palencia) fue restaurada por segunda vez <sup>1</sup> en el Instituto de Conservación y Restauración de Madrid, a causa de los deterioros sufridos por el robo de las 6 tablas que la componen, perpetrado en noviembre de 1979. En diciembre del mismo año fueron recuperadas en la localidad madrileña de Parla <sup>2</sup>.

Con motivo de su estancia en dicho Centro y con la colaboración del Gabinete Técnico del Museo del Prado que prestó los equipos de reflectografía infrarroja necesarios, pudo ser llevado a cabo el estudio del dibujo subyacente realizado por el pintor Pedro Berruguete, autor del Retablo, sobre la preparación de las tablas y antes de la ejecución de la pintura, para estudiar minuciosamente las características de su trazo y su ejecución <sup>3</sup>.

Una vez efectuada la restauración de los desperfectos sufridos por las pinturas, éstas fueron expuestas, junto con la documentación técnica obtenida, en el Museo del Prado entre los días 5 y 17 de marzo de 1980, para cuyo fin se montó una pequeña exposición. Posteriormente fueron llevadas a su emplazamiento primitivo.

El Retablo Mayor de Paredes de Nava es una de las obras más importantes del pintor Pedro Berruguete. Fue realizado, según las fechas habitualmente admitidas por los historiadores, después de su estancia en Urbino. Está dedicado, por su temática, a la Inmaculada Concepción, siguiendo las representaciones iconográficas del momento.

La Predela se compone de seis tablas, en las que se encuentran representados los Reyes de Judá, progenitores del salvador: Ezequías, Oseas, David, Salomón, Josafat y Exdrás. Las figuras se recortan sobre fondos de oro brocados<sup>4</sup>, y tanto estos fondos como los tejidos de los ropajes están dentro del gusto castellano de la época. Por su cuidada ejecución, su gravedad, equilibrio y realismo de los rostros son considerados como retratos de primer orden y antecedentes de la retratística de siglos venideros<sup>5</sup>.

### DIBUJO SUBYACENTE

Las tablas presentan un dibujo subyacente muy elaborado. El pintor revela un gran dominio del oficio e imprime en estos diseños la gran fuerza expresiva que luego llevará a cabo con la pintura. El espesor del trazo es muy importante y, por sus características, pensamos que pudo ser realizados por medio del pincel, o bien que con éste se haya podido reforzar un primer dibujo con trazos de mayor



7. Rey Ezequías. Detalle de la cabeza.



9. Rey Ezequías. Detalle de la mano izquierda y de los plegados del manto.



Rey Ezequías. Detalle de la mano derecha.

espesor en los que se observa el goteo del instrumento <sup>6</sup> (Figs. 12 y 15 por ejemplo).

Todo el conjunto muestra unas características muy similares existiendo gran homogeneidad en los dibujos subyacentes del mismo. Las figuras están proyectadas en todos los contornos y detalles, tanto de emplazamiento como mentales. Los trazos correspondientes son muy rectos considerable espesor y dan al diseño una gran fuerza que marcan el trazado de los pliegues de los vestidos, y en ocasiones, se vuelven muy angulosos en la intersección de unos con otros (Fig. 9) <sup>7</sup>.

El sombreado se efectúa por medio de diferentes trazos. Encontramos, por una parte, unos efectuados mediante líneas largas, intensas, muy juntas y paralelas que aparecen por lo general en las vestiduras y en las cabezas de los Reyes, en las mejillas y sobre todo en los cuellos (Figs. 7 y 11). Existen otros muy cortos en los bordes de las manos en los tocados

de las cabezas, por ejemplo, que se presentan también de forma paralela, muy rectos y separados entre ellos. La intensidad del trazo sin embargo es similar (Figs. 14, 16 y 22).

En algunas zonas de mantos, los trazos de sombreado se intensifican de dos maneras: o bien se cruzan unas con otras formando rombos en su intersección, o se refuerzan con otros en superficie de mayor tamaño y espesor (Fig. 15).

En aquellas partes que lo requiere el dibujo, tales como motivos decorativos, cetos, adornos, así como en los rizos del cabello y en las barbas, etc., vemos cómo el trazo se curva ligeramente para adaptarse a las formas. Son muy típicos del pintor los trazos en forma ondulada que marcan los inicios de las distintas falanges de los dedos, por el reverso de las manos (Figs. 10 y 12).

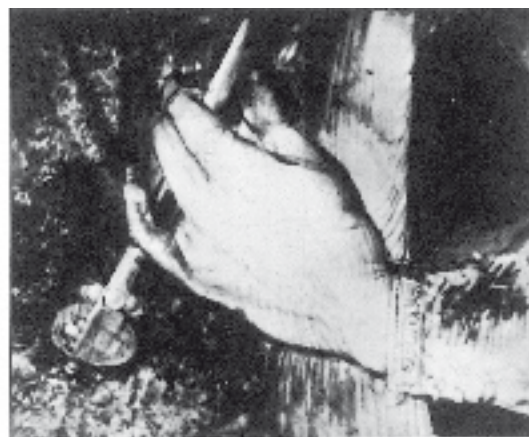
Por último encontramos trazos en forma de ondas entrelazadas en el sombreado de



11. Rey Oseas. Detalle de la cabeza.



12. Rey Oseas. Detalle de la mano izquierda.



13. Rey Oseas. Detalle de la mano derecha.



14. Rey David. Detalle de la cabeza.



15. Rey David. Detalle de la mano izquierda y de los plegados del derecha. manto.



16. Rey David. Detalle de la mano

algunas manos (Fig. 18) y otros en forma de líneas quebradas a modo de picos en manos y vestiduras (Figs. 16, 18 y 25). Ambos suelen ser de intensidad media.

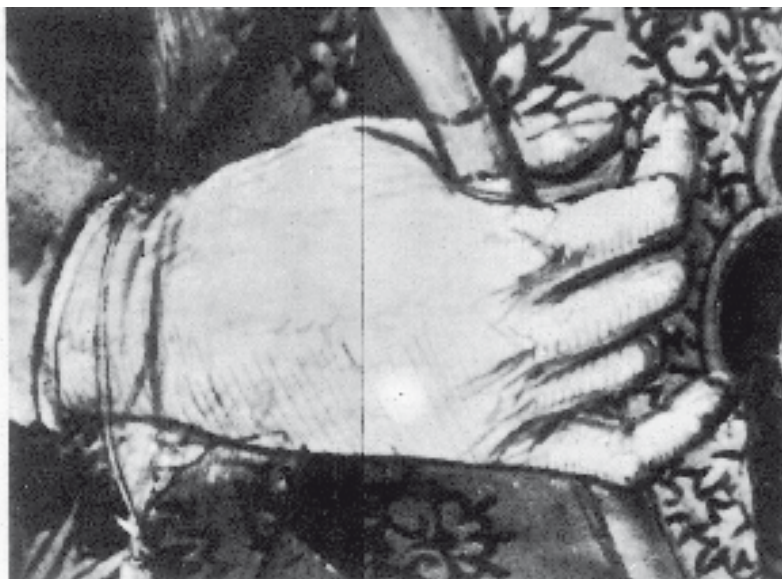
Se pueden observar en los dibujos subyacentes obtenidos numerosos desplazamientos, correcciones, cambios de composición y posicionales que el pintor ha efectuado al llevar a cabo las pinturas sobre el diseño primeramente realizado. Estudiando por separado cada uno de los Reyes, hay que resaltar entre los más interesantes los siguientes:

### EZEQUIAS

Se observa, respecto a la realización final, un desplazamiento descendente de los ojos y las cejas del personaje, si bien conservan la misma posición. La nariz y la boca también se ven afectadas por el mismo movimiento e inclusive en la primera, se aprecia un doble desplazamiento en la misma dirección y un cambio de composición del lateral derecho de la misma, ya que la aleta de la nariz se ve muy desarrollada en el dibujo. La oreja



17. Rey Salomón. Detalle de la cabeza.



18. Rey Salomón. Detalle de la mano derecha.



Rey Exdrás



Rey Josafat



Rey Salomón



Rey David



Rey Oseas



Rey Ezequías

izquierda está cubierta con una serie de trazos correspondientes al diseño del cabello que en la ejecución pictórica ha sido reducido en su desarrollo y suprimidos los mechones proyectados sobre la frente (Figs. 7 y 8).

En la mano izquierda existe un cambio de composición en los dedos corazón, anular y meñique que se presentan alargados y abiertos mientras que después se realizaron recogidos. El cambio se produjo durante la elabo-

ración del diseño ya que están corregidos en este momento de la ejecución del cuadro. Los otros dos dedos son visibles tal como después fueron ejecutados. El largo desarrollo del índice con respecto a los demás hace pensar que el pintor iniciase el dibujo pensando en una perspectiva diferente para la mano y, que el cambio se produjo a mitad de su realización ya que el resto de su encajamiento es el mismo del final. Existen, sin embargo, algunos





20. Rey Josafat. Detalle de la cabeza.



21. Rey Josafat. Detalle de la mano derecha



22. Rey Josafat. Detalle de la mano izquierda.

trazos en esta mano que no se pueden identificar claramente y que pueden corresponder al esquema inicial (Fig. 9).

Pueden apreciarse algunas modificaciones en los plegados del manto ya que algunos no han sido proyectados y otros fueron rectificadas, no correspondiéndose con lo efectuado en la pintura. Esto también es observado en los pliegues que caen sobre el basamento.

Por último existen ligeros retoques posicionales entre los que destacan los de los adornos del cinturón y los del perfil del hombro izquierdo.

## OSEAS

El rostro del Rey Oseas, muestra un desplazamiento general descendente de los ojos, la nariz, la boca y la oreja izquierda en su diseño dentro del contorno del mismo, pero sin cambios de composición ni variación de ninguno de estos elementos. El trazado de las líneas de encajamiento general del rostro presenta solamente ligeras correcciones sin importancia y debió efectuarse primeramente, diseñándose después la corona, ya que vemos el borde superior de la cabeza por debajo de la misma, no reservándose el lugar de su emplazamiento (Fig. 11).

Lo más interesante de destacar en las vestiduras, además de las rectificaciones de

trazado en algunos plegados, es el cambio de composición existente en el cuello del vestido y del manto efectuado con la materia pictórica. Se aprecia también una ligera corrección en la manga izquierda, en la transición entre la parte de manto liso y la de brocado.

El cetro que sostiene el rey con su mano izquierda, presenta un desplazamiento lateral derecho en su parte baja en el dibujo subyacente (Fig. 13).

## DAVID

Es el personaje que menos modificaciones presenta en su diseño inicial. Tan sólo son apreciables ligeras rectificaciones en el encajamiento general de la figura y sus detalles (Figs. 14, 15 Y 16).

El cetro y la flauta están diseñados encima del basamento pasando las líneas del trazado de éste por debajo de dichos objetos.

## SALOMON

Existe un desplazamiento descendente de los ojos del personaje que además muestran un cambio de composición, ya que en el dibujo subyacente se presentan abiertos, mientras que en la ejecución pictórica están semicerrados. La ceja izquierda en el diseño



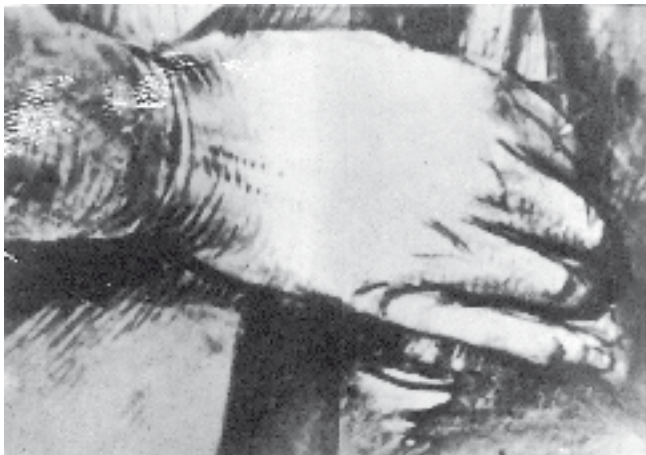
23. Rey Exdras. Detalle de la cabeza.



23. Rey Exdras. Detalle de la mano derecha.



23. Rey Exdras. Detalle del cetro.



23. Rey Exdras. Detalle de la mano izquierda.

se encuentra desplazada en dirección ascendente (Fig. 17).

La boca fue trazada de un tamaño ligeramente mayor. También pueden apreciarse ligeros retoques posicionales en el encajamiento general del rostro, de las manos, de las vestiduras y sus plegados, que en algunas ocasiones se presentan incluso modificados.

En la manga derecha del traje se observa un cambio de composición en el trazado de la misma (Fíg. 18).

El camafeo central del tocado de la cabeza ha sufrido una rectificación de forma en su realización pictórica que en el dibujo se muestra con un desarrollo mucho mayor y diferente. Los motivos decorativos del brocado del sombrero también son diferentes a los que observamos en la pintura<sup>8</sup>.

#### JOSAFAT

En el rostro del Rey Josafat destaca principalmente el desplazamiento lateral derecho de los ojos en el diseño primitivo, sobre todo, se aprecia con toda nitidez el del ojo derecho. Vemos además, una ligera modificación de la barbilla que en su ejecución final se realiza más redondeada que en el proyecto. También existen ligeros retoques en el resto de los contornos sobrepasando, en el lado izquierdo de la figura, el sombrero y los pelos del cabello a la zona respetada con el oro (Fig. 20).

Los dedos de la mano derecha estaban trazados en una posición más caída, cambiando incluso de postura y existen además en esta mano algunos trazos de difícil interpretación (Fig. 22).



8. Rey Ezequías. Detalle de los ojos.

En el resto de los retoques de encajamiento y trazado que se observan en las manos, vestiduras, etc., no revisten una significación especial.

#### EXDRAS

El rostro del personaje; salvo ligeras modificaciones en su encajamiento general, y en el de la nariz y la boca, no presenta desplazamientos ni cambios de importancia (Fig.23).

La mano derecha muestra cambios de composición en el trazado de los dedos, observándose que han sido realizados con la pintura de una forma más recogida acortándose algunos dedos, otros inclusive cambiando su posición (Fig. 25). Se ven, además, retoques de menor significación en el encajamiento de la otra mano (Fig. 24) y en algunos de los plegados del manto.

El cetro del Rey, en su parte superior, presenta ligeras modificaciones en su encajamiento y cambios en el trazado de su decoración en la parte central (Fig. 26).

#### ESTADO DE CONSERVACION

Las tablas, después de su recuperación, presentaban raspaduras, roces, desprendimientos de color, acompañados a veces de la preparación, y hendiduras <sup>10</sup>.

Aparte de estos daños producidos por el robo, los cuadros presentaban otros debidos a la evolución de la restauración anterior, tales como desigualdades en la limpieza, reintegraciones oscurecidas y en otros casos levantamiento de la capa pictórica en forma de escamas.

En líneas generales <sup>11</sup> el tratamiento aplicado fue en primer lugar el del sentado de color en las partes desprendidas o que peligraban con hacerlo. A continuación se procedió a una ligera limpieza para quitar el polvo y parte del barniz, eliminando de las reintegraciones anteriores sólo las que molestaban por su oscurecimiento.

Posteriormente se efectuó el igualado de la limpieza de la restauración anterior a base de veladuras en las zonas muy descarnadas, y se

insistió algo más en ella que en otras que presentaban poca limpieza. Después fueron estucadas las partes que faltaban y reintegradas las lagunas. Las zonas de hendiduras en las que se conservaba la pintura original, se respe-

taron, quedando como estaban. Por último se procedió al barnizado final de las tablas.

Los soportes hubieron de ser protegidos y en algunos casos reforzados en sus travesaños y en las partes deterioradas, para así garantizar su conservación futura. ■

## NOTAS

1 La primera restauración de estas tablas se efectuó, con el resto que componen el Retablo, en el ICR en 1964, siendo las primeras reseñadas en el registro de entrada del Centro (Núm. Reg. 1-6).

2 Robadas en la madrugada del día 9 de noviembre de 1979, fueron recuperadas por los grupos especiales de la Guardia Civil el 8 de diciembre del mismo año en Parla, donde habían sido enterradas.

El Parroco de la Iglesia de Santa Eulalia de Paredes de Nava, Don Alejandro de Luis y Aguado, las depositó en el ICR para su restauración el 13 de diciembre de 1979.

3 Agradecemos la colaboración prestada en la ejecución de los reflectogramas infrarrojos a M.<sup>a</sup> José Alonso, Tomás Antelo, Ana Cifuentes, y María Yravedra.

4 Los oros de los brocados, que sirven como fondo a los Reyes, fueron sacados en la restauración de 1964, ya que habían sido tapados con paisajes. Se encuentran muy restaurados.

5 ANGULO IÑIGUEZ, D.: Pedro Berruguefe en Paredes de Nava. Obras maestras del Arte Español, vol. VI, pág. 26-32. Ed. Juventud. Barcelona, 1946.

ANGULO IÑIGUEZ, D.: Las pinturas de Pedro Berruguefe del Retablo Mayor de la Iglesia de Santa Eulalia de Paredes de Nava. Informes y Trabajos del Instituto de Conservación y Restauración de Obras de Arte, Arqueología y Etnología. Vol. 4, pág. 5-13. Madrid, 1965.

ANGULO IÑIGUEZ, D.: La pintura del siglo XVI. *Ars Hispaniae*, vol. XV, pág. 91-102.

POST, CH. R.: *History of Spanish Painting*. Vol. IX, cap. II Cambridge, Mass. 1933.

LAINEZ ALCALÁ, R.: Pedro Berruguefe pintor de Castilla. Madrid, 1935. Son interesantes las consideraciones que sobre éste retablo se hacen en diferentes partes del libro.

6 CENNINO CENNINI: *Tratado de la Pintura* (1437). Cap. CXXII. Barcelona Suc. de E. Mesenguer. Ed. 1979, pp. 91-92. En el capítulo "De como se dibuja en la tabla con carboncillo y se repasa con tintas", después de explicar como se debe hacer la primera parte con un carboncillo de sauce y cuando ya se vea que está

bien... "hallando bien la figura, toma una pluma y va con ella frotando poco a poco el dibujo, de modo que apenas se vea, pero no tanto que tú mismo no entiendas bien tus propios trazos. Y toma un vasito mediado de agua clara y echale algunas gotitas de tinta, y con un pincelito de marta puntiagudo, ve siguiendo todo el dibujo. Hecho esto, con el mazo de plumas sacude del dibujo los restos de carboncillo. Después, con aguada de tinta y pincel más grueso, irás sombreando algún pliegue y alguna sombra del rostro. Y así te resultará un hermoso dibujo que hará que todos se queden prendados de tu trabajo".

7 El pintor refuerza en superficie algunos contornos con un trazo negro por lo que los reflectogramas hay que distinguir entre estos trazos y los que corresponden con el dibujo subyacente.

8 En los fondos de oro y brocados no penetra el infrarrojo por lo que no podemos observar el dibujo subyacente en estas zonas. Los motivos decorativos que observamos en el diseño del tocado, es posible que correspondan al dibujo del brocado del fondo realizados inicialmente sin respetar la zona posicional del personaje.

9 Todas las fotografías, salvo las que se muestran en color, están realizadas mediante la reflectografía infrarroja.

10 Las medidas totales de las tablas son las siguientes: Ezequías: 99 x 60 cm.: Oseas: 99 x 67,5 cm.: David: 99 x 60 cm.: Salomón: 99 x 60 cm.: Josafat: 99 x 67 cm.: Exdras: 100 x 67 cm.; Estas medidas pueden oscilar entre 0,5 y 1 cm.: medidas más detalladas pueden ser consultadas en los archivos del ICR (Informes de restauración núm. 1866 a 1871.)

11 La restauración de las tablas ha sido realizada por los siguientes técnicos del ICR: Rey Ezequías: José Buces; Rey Oseas: M.<sup>a</sup> Teresa Domínguez Adame; Rey David: Pilar Sedano; Rey Salomón: Milagros Logendio; Rey Josafat: Marcelino Iglesia. Rey Exdrás: M.<sup>a</sup> Dolores Fúster: Para un estudio más detallado de la restauración de estas obras pueden ser consultados los informes núms. 1866 a 1871 del Registro General del ICR.

## 6.8. Estudio técnico comparativo de dos Sagradas Familias del Greco



Con motivo de la Exposición "El Greco de Toledo", celebrada en el Museo del Prado, se ha podido efectuar el examen técnico de la Sagrada Familia procedente del Museo de Santa Cruz (Toledo). Dados los problemas que planteaba su mal estado de conservación, y las sospechas fundadas de la existencia de un personaje bajo los burdos repintes que presentaba, el estudio era esencial para el conocimiento profundo de la obra del pintor así como para poder abordar la restauración de la misma con las suficientes garantías <sup>1</sup>.

El análisis minucioso de la pintura ha llevado fundamentalmente al descubrimiento de un personaje masculino oculto en el lado derecho y superpuesto a otro, así como al estudio de varios cambios de composición, efectuados en el transcurso de elaboración del cuadro. También es interesante la compa-

ración de los datos técnicos obtenidos con los de la Sagrada Familia del Museo del Prado, número de Catálogo General 826, en la que también existe duplicidad de figuras en la representación de San José, y en general con los de toda la obra del Greco que se conserva en dicho Museo <sup>2</sup>.

La Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz de Toledo (Fig. 1), perteneció al Hospitalillo de Santa Ana y posteriormente al Museo de San Vicente de la misma ciudad. Desde 1961 se encuentra en el Prado <sup>3</sup>. Está firmado en letras cursivas griegas sobre una cartela situada en el ángulo inferior izquierdo. Las fechas propuestas por los historiadores para la realización del cuadro son las siguientes: Wethey, 1580-1585; Cossío, 1584-1594; Mayer, 1592-1597; Camón Aznar y. Soehner, 1585<sup>4</sup>.

La Sagrada Familia del Museo del Prado (Fig. 3), procede de la supresión en el siglo XIX de un convento desconocido. Perteneció a los fondos del Museo Nacional de la Trinidad inventariado por Zabaleta, en los lotes de pintura de los conventos suprimidos, en 1836 <sup>5</sup>. La firma realizada en letras cursivas griegas se encuentra directamente sobre la zona colocada en el ángulo inferior izquierdo. Las fechas de su posible ejecución propuestas por los historiadores son las siguientes: Wethey: 1595-1600; Cossío: 1594-1604; Mayer: 1597-1601; Camón Aznar: 1604; Soehner: 1603-16056.

### CAMBIOS DE COMPOSICIÓN

El tema que fija nuestra atención en primer lugar, es el descubrimiento y análisis del personaje oculto en el lado derecho en la Sagrada Familia de Toledo.



1. Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz (Toledo). Antes de la Restauración.



2. Radiografía general del cuadro.

Wethey <sup>7</sup> piensa que el tema iconográfico de esta obra es el de la Virgen con el Niño dormido y Santa Ana, y que sería el primer ejemplar de dicho tema del pintor, posteriormente enriquecido en otras composiciones con San José, dando lugar a las "Sagradas Familias con Santa Ana y San Juan niño". Añade que el profesor Waterhouse cree por el contrario que existe subyacentemente la figura de San José pero que está repintada encima por el propio Greco. Reseña también el mal estado de conservación en que se encuentra la obra y los repintes existentes en diferentes zonas.

Cossío <sup>8</sup> da por segura la existencia de la figura de San José, el cual cree que se ocultó para hacer ganar en importancia a Santa Ana como titular de la capilla en la que fue colocado el cuadro.

El documento radiográfico obtenido pone de manifiesto la existencia de un personaje

masculino en el lado derecho desde el punto de vista del espectador (Figs. 2 y 5). Esta figura presenta un contraste radiográfico similar al resto del cuadro. Se pueden ver cambios de composición en la cabeza que ha sido bajada y en la elaboración del manto, muy ampuloso, y de un color amarillo-naranja, según puede verse en las microfotografías (Fig. 12, n.º 142): el empleo del amarillo de plomo y estaño y el minio de plomo en la elaboración de esta capa de color da como resultado el fuerte contraste radiográfico que se aprecia en las placas <sup>9</sup>. El personaje mira al observador no integrándose en la composición como es lo habitual en los temas de la Sagrada Familia realizados por el Greco.

Lo más significativo en el estudio realizado con la Reflectografía Infrarroja, fue la aparición con bastante nitidez de este personaje en la configuración que se presentaría al levantar el repinte. Si comparamos la radiografía



3. Sagrada Familia del Museo del Prado. Cat. 826.



4. Radiografía general del cuadro.

con el estudio efectuado por medio de ésta técnica, se observa, que la realización final ha variado. La cabeza del personaje se ha redondeado ligeramente tanto en su zona craneal como en la barbilla. El manto que se veía en la radiografía, ha pasado a ser una vestimenta de la cual se puede apreciar el cuello y sus contornos. La mirada, si bien parece ligeramente corregida, sigue fija en el espectador. Más bien puede parecer un retrato que un santo <sup>10</sup>.

Existe una pérdida grave de pintura que se sitúa sobre el ojo derecho de la figura. El juego de densidades de estos dos documentos indica que el roto mayor es el más profundo, el que se observa radiográficamente. El repinte posteriormente hecho sobre la laguna ha saltado según un proceso frecuente en zonas reestucadas. En algunas partes del destrozo se conserva la preparación y la imprimación original, mientras que en otras la pérdida es total.

En las microfotografías (Figs. 12, nº 5. 1 y 1) es fácil observar que sobre el barniz final hay unas capas claramente de repintes posteriores, que difieren en estructura y en las mezclas de las originales. Se aprecia también el cambio de composición efectuado por el pintor con la superposición de las dos figuras. Sobre el manto amarillo naranja de la primera, se ve el vestido verde de la segunda.

Todos los exámenes efectuados al cuadro centran la atención sobre el personaje tapado en el lado derecho. Los análisis efectuados indican que existen dos transformaciones en dicha zona. La primera es fruto del cambio de composición realizada por el pintor, mientras que la segunda puede ser debida a una mala restauración, ya que, al estar dañada una parte importante de la cara (ojo derecho del personaje), puede haberse optado por tapar toda la zona.

En la Sagrada Familia del Museo del Prado existe también una superposición de personajes en la figura de San José. El que vemos en la radiografía denota mayor edad que el que observamos finalmente realizado. El subyacente se asemeja al pintado por El Greco en la Sagrada Familia de la National Gallery de Washington. El cambio de composición se realiza fundamentalmente en las barbas y cabellos del Santo lo que le hace modificar su aspecto (Fig. 4).

## ESTUDIO RADIOGRÁFICO

En la Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz de Toledo el empleo generalizado del blanco de plomo en la realización de las diferentes capas que componen el color, así como el uso de este material directamente aplicado para resaltar las luces, dan como resultado el documento obtenido en el que se aprecia un fuerte contraste de densidades. También hay que tener en cuenta el uso de pigmentos como el amarillo de plomo y estaño y el minio de plomo en las zonas amarillas, naranjas, verdes y en la imprimación. Las zonas de menor contraste son las de las carnaciones de los rostros de la Virgen, Sta Ana y el personaje oculto en el lado derecho; las manos de Santa Ana también tienen poca densidad ya que carecen de las pinceladas para resaltar las luces habituales en el pintor. Por el contrario, las de la Virgen y los dos niños tienen un fuerte contraste radiográfico (Fig. 2).

Existen otros cambios de composición, aparte del esencial anteriormente expuesto, atribuible al autor de la obra como es el realizado en la posición de la cabeza de San Juan niño que ha descendido, y los diferentes movimientos que vemos en su torso. También se observa que el manto de Santa Ana en su zona superior pasa por encima de la mano de la Virgen tapando los dedos. Estos, después, han debido ser retocados por el pintor con

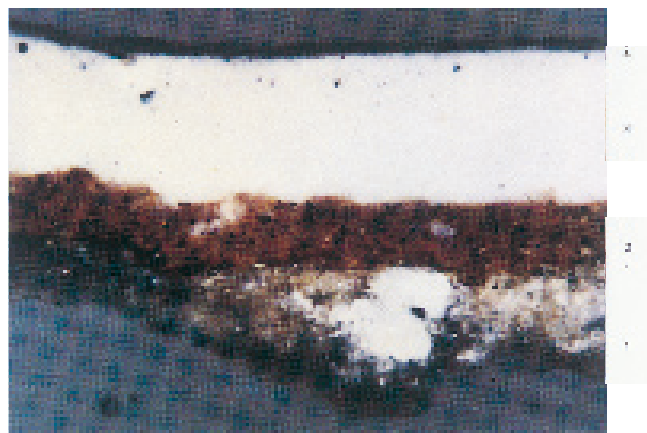
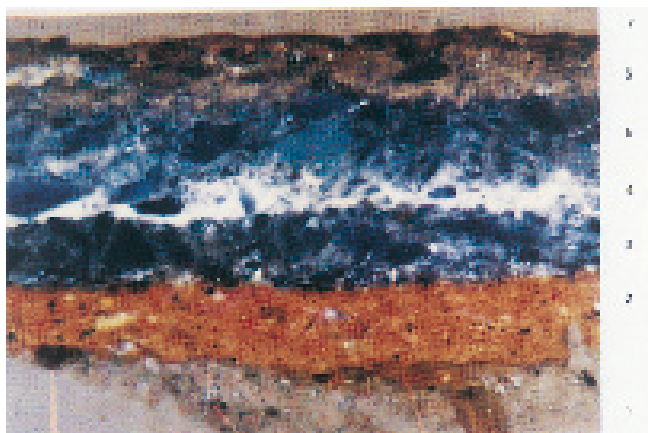
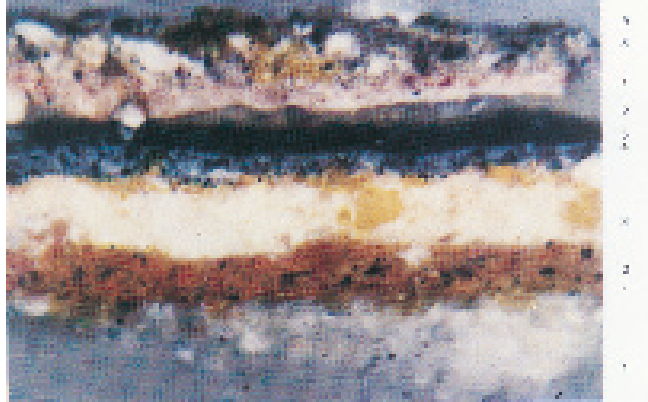
un material menos denso que el amarillo de plomo y estaño y el minio de plomo utilizados en el naranja del manto de la Santa, por lo que dicho manto es lo primero que vemos en la radiografía. En el resto del cuadro existen ligeros retoques de encajamiento de contornos y plegados sin mayor significación. La expresión de la boca de la Virgen ha sido levemente dulcificada.

En la Sagrada Familia del Museo del Prado la abundancia de blanco de plomo en las diferentes capas que componen la estructura del color, y el empleo de éste en estado casi puro en la realización de algunas tonalidades y en las luces del cuadro, son similares a los del lienzo de Toledo, por lo que el documento obtenido presenta un contraste radiográfico intenso. Es importante también en la densidad de las placas el empleo del amarillo de plomo y estaño y el minio de plomo, no sólo para la ejecución de los tonos amarillos, sino también en combinación fundamentalmente con el resinato de cobre para la realización de los verdes (Fig. 4).

Existen modificaciones del pintor en la ejecución de la pintura. En la cara de la Virgen se aprecia un desfase en el óvalo, así como en la boca y en los ojos que están, más cerrados que en la realización final (Fig. 9). En el rostro de Santa Ana se ha modificado ligeramente el óvalo y la posición de los ojos, pero es mucho menos acusado que en el de la Virgen. El San Juanito tiene rectificadas la postura de sus piernas y sus cabellos están más acaracolados. El Niño Jesús presenta un desplazamiento general en la ejecución del cuerpo.

En este documento se muestra una pintura mucho más hecha que la que vemos finalmente realizada que resulta muy lamida por la pincelada superficial. Esto es muy evidente por ejemplo en el San Juanito. El cuadro como puede observarse en varias de las micromuestras que se exponen (Fig.13; n.º 144), después de ser realizado, incluso barnizado, muestra una nueva imprimación





## 12. Microfotografías de la Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz.

Microfotografía LP/2954 (210 X). Iluminación Epi.  
Referencia micromuestra: L/4/4.

Localización: Repinte sobre el manto verde del personaje oculto.

1. Sulfato de calcio; espesor > 120  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, minio de plomo, blanco de plomo, negro orgánico y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  60  $\mu$ .
3. Blanco de plomo, amarillo de plomo y estaño y minio de plomo; espesor  $\approx$  60  $\mu$ .
4. Blanco de plomo, negro orgánico, laca orgánica roja y minio de plomo (puede ser una nueva imprimación dada por el pintor antes de dar el verde y cambiar la composición); espesor  $\approx$  30  $\mu$ ..
5. Resinato de cobre y sulfato de calcio; espesor  $\approx$  30  $\mu$ .
6. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  de 10 a 20  $\mu$ ..
7. Blanco de zinc y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  25  $\mu$ ..
8. Blanco de zinc y óxido de hierro marrón; espesor  $\approx$  50  $\mu$ ..
9. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  10  $\mu$

Microfotografía LP/2958. Iluminación Epi (210 X).  
Referencia micromuestra: L/4/8.

Localización: Repinte sobre manto del personaje subyacente.

1. Sulfato de calcio; espesor > 150  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo, negro orgánico y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  80  $\mu$ .
3. Blanco de plomo, amarillo de plomo y estaño y minio de plomo; espesor  $\approx$  30  $\mu$ .

4. Blanco de plomo; espesor  $\approx$  de 20 a 30  $\mu$ .

5. Resinato de cobre; espesor  $\approx$  10  $\mu$ .

6. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  25  $\mu$ .

7. Repinte: blanco de zinc, óxidos de hierro marrón y negro; espesor  $\approx$  20  $\mu$ .

8. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  hasta 30  $\mu$ .

Microfotografía LP/2964 (210 X). Iluminación Epi.  
Referencia Micromuestra: 1)4/9. Lado izquierdo.

Localización: azul manto de la Virgen lado derecho.

1. Sulfato de calcio; espesor > 120  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo, negro orgánico y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  80  $\mu$ .
3. Esmalte y blanco de plomo; espesor  $\approx$  70  $\mu$ .
4. Blanco de plomo, esmalte y azurita; espesor  $\approx$  50  $\mu$ .
5. Esmalte, azurita, muy poco blanco de plomo; espesor  $\approx$  80  $\mu$ .
6. Esmalte y azurita; espesor  $\approx$  40  $\mu$ .
7. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  20  $\mu$ .

Microfotografía LP/2957 (210 X). Iluminación Epi.  
Referencia micromuestra: L/4/2.

Localización: Carnación; pierna del niño.

1. Sulfato de calcio; espesor  $\approx$  140  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo, negro orgánico, laca orgánica roja; espesor  $\approx$  70  $\mu$
3. Blanco de plomo, pequeñas cantidades de laca orgánica y negro orgánico; espesor  $\approx$  150  $\mu$ .
4. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  10  $\mu$ .



5. Detalle del personaje oculto en la Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz, en R.X. Se puede observar la primera composición del pintor.



6. Detalle en reflectografía I.R. del mismo personaje. Se pone de manifiesto la segunda composición efectuada por el pintor y las modificaciones con respecto a la primera.

Y de nuevo el color, o bien una superposición directamente de otra capa de color sobre la capa final. Esta intervención posterior a su finalización está hecha con los mismos materiales que se observan en la primera ejecución, y en un tiempo muy próximo, ya que las craqueladuras penetran por igual en profundidad.

#### ESTRUCTURA Y ANÁLISIS DE LOS PIGMENTOS:

En la Sagrada Familia de Toledo la preparación es de color blanco-amarillenta, tal vez por la impregnación de los aglutinantes oleaginosos de capas superiores. Es de sulfato de calcio finamente dividido aplicado en una sola capa de unas 200 micras máximo medido. El aglutinante de esta capa es la cola.

La imprimación se extiende de una manera general por la superficie del cuadro sobre la preparación. Es de color muy anaranjado, entrando a formar parte de su composición fundamentalmente pigmentos de color naran-

ja, blanco, y en menor cantidad el negro y el rojo. Tiene un espesor medido de hasta 100 micras y puede observarse en todas las muestras tomadas. Las materias colorantes empleadas por el pintor en la realización del cuadro son las siguientes: (Fig. 12).

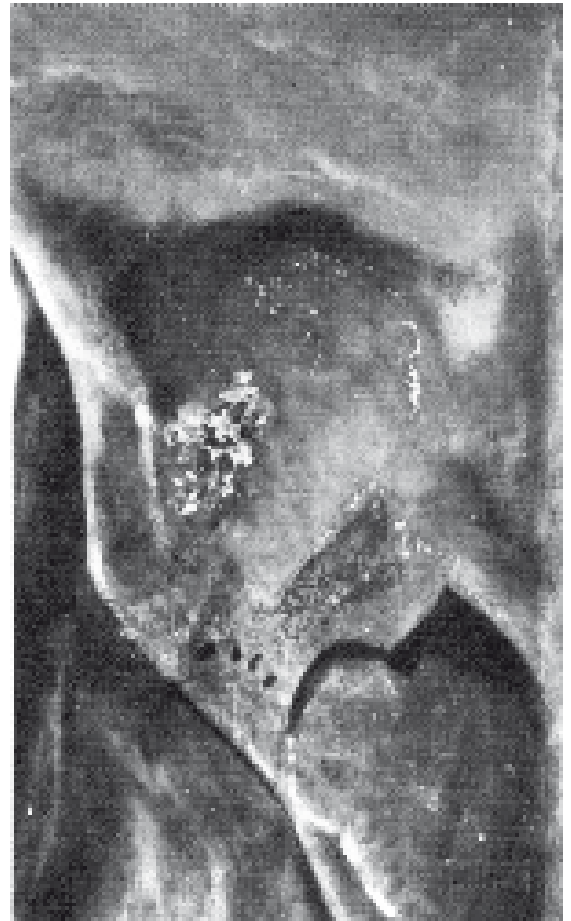
- . Blanco: Blanco de plomo.
- . Azul: Esmalte.
- . Negro: Negro de origen orgánico.
- . Rojo: Laca orgánica roja.
- . Naranja: Minio de plomo y Oxido de hierro rojo.
- . Amarillo: Amarillo de plomo y estaño.
- . Verde: Resinato de cobre.
- . Marrón: Oxido de hierro marrón.

Las materias colorantes detectadas en los repintes son:

- . Blanco: Blanco de zinc.
- . Azul: Ultramarino artificial.
- . Marrón: Oxido de hierro marrón.
- . Negro: Negro de origen orgánico.



7. Detalle de la misma figura en U.V.



8. Detalle de la figura oculta una vez levantado el repinte y finalizada la restauración.

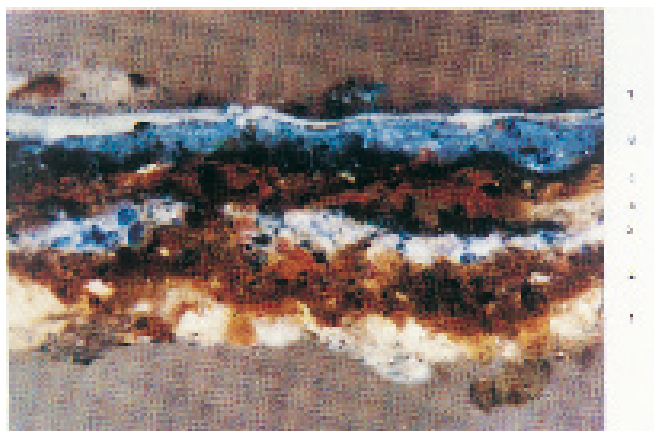
El material más abundante en los análisis es el blanco de plomo con cantidades variables de estaño y bario <sup>11</sup>. Es una pintura poco elaborada en carnaciones, en los fondos y en algunos mantos, mientras que en otros, como en el azul del de la Virgen la ejecución es más complicada. Las estructuras más complejas se muestran en la zona del personaje oculto, en primer lugar por el cambio de composición efectuado por el propio pintor en la elaboración final y en segundo lugar por los repintes superficiales sufridos. (Fig. 12).

Muy interesante resulta la presencia del esmalte <sup>12</sup> en la realización de los azules, materia colorante no detectada en los estudios efectuados sobre la colección del Greco en el Museo del Prado. Este pigmento también ha sido hallado en la Sagrada Familia

del Hospital de San Juan Bautista de Afuesa (Toledo) <sup>13</sup> (Fig. 12, n.º 3).

En las zonas de estructuras sin cambios en la composición, las capas de color llegan a un espesor medido entre las 150 y las 200 micras. El aglutinante de estas capas de color es oleinoso si bien en algunas zonas azules del manto de la Virgen el pigmento colorante puede tener un aglutinante acuoso, sobre todo en las capas más profundas, ya que el esmalte se muestra sin decolorar<sup>14</sup>. La superficie del cuadro está cubierta por una capa de barniz que oscila entre las 10 micras y las 40.

Los análisis efectuados en la Sagrada Familia del Museo del Prado revelan que la preparación del cuadro está realizada con sulfato de Calcio (yeso) finamente dividido, aplicado en una sola capa de más de 300



13. Microfotografías de la- Sagrada Familia del Museo del Prado.

Microfotografía: LP/2611. (210X). Iluminación Epi.  
Referencia micromuestra: 826/2.

Localización: Azul del manto de la Virgen.

1. Sulfato de calcio; espesor > 100  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo y negro orgánico; espesor  $\approx$  de 20 a 40  $\mu$ .
3. Blanco de plomo y azurita; espesor  $\approx$  40  $\mu$ .
4. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  de 10 a 20  $\mu$ .
5. Minio de plomo, blanco de plomo y negro orgánico; espesor  $\approx$  50  $\mu$ .
5. Blanco de plomo, azurita, negro orgánico; espesor  $\approx$  60  $\mu$ .
6. Blanco de plomo y negro orgánico; espesor  $\approx$  de 10 a 20  $\mu$ .
7. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  de 10 a 30  $\mu$ .

Microfotografía LP/2615. (210X). Iluminación Epi.  
Referencia micromuestra: 826/4.

Localización: Verde manto de San José.

1. Sulfato de calcio; espesor > 40  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo, negro orgánico y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  80  $\mu$ .
3. Cardenillo y amarillo de plomo y estaño; espesor  $\approx$  45  $\mu$ .
4. Resinato de cobre y amarillo de plomo y estaño; espesor

$\approx$  25  $\mu$ .

5. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  10  $\mu$ .

6. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  30  $\mu$ .

Microfotografía LP/2620. (210X). Iluminación Epi.  
Referencia micromuestra: 826/6.

Localización: Carnación, pie izquierdo del niño.

1. Sulfato de calcio; espesor > 70  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo, negro orgánico; espesor  $\approx$  40  $\mu$ .
3. Blanco de plomo; espesor  $\approx$  15  $\mu$ .
4. Laca orgánica roja y blanco de plomo; espesor  $\approx$  10  $\mu$ .
5. Blanco de plomo; espesor  $\approx$  70  $\mu$ .
6. Barniz resinoso; espesor hasta 30  $\mu$ .
7. Barniz resinoso; espesor  $\approx$  30  $\mu$ .

-Microfotografía LP/2607. (210X). Iluminación Epi.  
Referencia micromuestra: 826/1.

Localización: Rojo del vestido de la Virgen.

1. Sulfato de calcio; espesor > 230  $\mu$ .
2. Oxido de hierro naranja, blanco de plomo, minio de plomo, negro orgánico y azurita; espesor  $\approx$  30  $\mu$ .
3. Blanco de plomo y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  25  $\mu$ .
4. Laca orgánica roja; espesor  $\approx$  de 10 a 30  $\mu$ .
5. Blanco de plomo y laca orgánica roja; espesor  $\approx$  hasta 70  $\mu$ .

micras. Es de color blanco-amarillenta y se encuentra muy impregnada por el aglutinante oleaginoso de capas superiores, así como por los productos empleados en los procesos de restauración sufridos anteriormente. El aglutinante de este estrato es la cola.

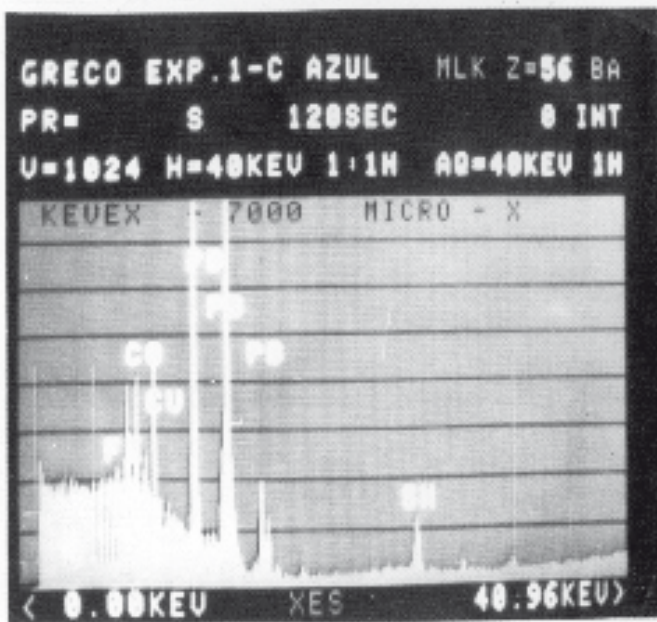
La imprimación se extiende de una manera general por toda la superficie encima de la preparación. Es de color anaranjado y está realizada mediante la unión de pigmentos naranjas, blanco, negro, azul y verde. Alcanza espesores medios hasta de 120 micras. En la microfotografía (Fig. 13, n.o I) se pueden apreciar como sobre la capa de barniz final se ha vuelto a extender una capa de imprimación de unas 50 micras, constituida por los mismos elementos que la primera.

Según los análisis efectuados las materias colorantes utilizadas en la realización de esta obra son las siguientes.

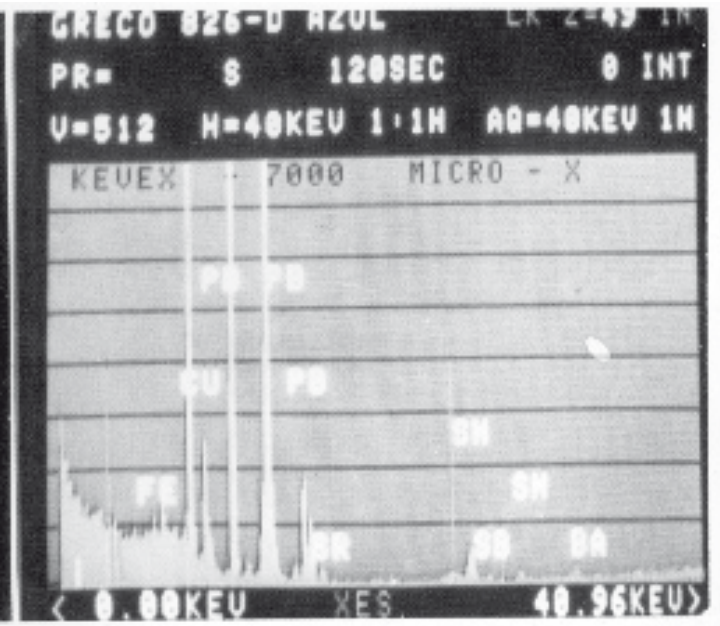
- . Blanco: Blanco de plomo.
- . Azul: Azurita.
- . Negro: Negro de origen orgánico.
- . Rojo: Laca roja orgánica y óxido de hierro.



9. Detalle de la Virgen y de Santa Ana de la Sagrada Familia del Museo del Prado. R.X.



10. Espectro del pigmento azul del manto de la Virgen de la Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz.



11. Espectro del pigmento azul del manto de la Virgen de la Sagrada Familia del Museo del Prado.

- . Naranja: Minio de plomo y óxido de hierro.
- . Verde: Cardenillo y resinato de cobre.
- . Amarillo: Amarillo de plomo y estaño.
- . Marrón: Ocre.

El material más abundante es el blanco de plomo, con pequeñas cantidades de estaño, antimonio y bario que varían según las zonas. Es la base para la composición del color <sup>15</sup>. Es una pintura por lo antes expuesto muy elaborada, ya que las capas de pintura se superponen por diversos retoques realizados sobre la ejecución pictórica de su autor, resultando unas estructuras muy complejas como podemos apreciar, por ejemplo en las micromuestras (Fig; 13, n.º 144). Las zonas más trabajadas son las de mantos sobretodo en los rojos azules, y verdes. Se pueden observar dos capas de barniz de tipo resinoso sobre la superficie del cuadro que llegan en ocasiones hasta las 80 micras medidas. El aglutinante de las diferentes capas que constituyen el color es oleaginoso, según los ensayos de solubilidad realizados.

## SOPORTE

El examen técnico de los lienzos de los dos cuadros es el siguiente:

Sagrada Familia del Museo de Santa Cruz de Toledo: Lienzo antiguo, sobre un bastidor con estructura de puerta. Existen dos tipos de clavos sobre el bastidor, unos antiguos que no sujetan nada y otros modernos que son los que clavan la tela a este bastidor. La madera del bastidor y la del travesaño central que tiene, si bien son de pino, no son del mismo tipo. Sus

dimensiones son de 182 ( $\pm 0,5$ ) x 111 ( $\pm 0,3$ ) cm. La tela original vuelve sobre el marco hasta 3,5 cm <sup>15</sup>.

Clasificación técnica. Lienzo antiguo de telar manual.

- Urdimbre: Proporción: una sola urdimbre.

Materia: Cáñamo, un cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: de 11 a 12 hilos por centímetro.

- Trama: Proporción: Una sola trama.

Materia: Cáñamo, un cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: De 10 a 12 pasadas por centímetro.

- Curso del ligamento: Dos hilos y dos pasadas.

Sagrada Familia del Museo del Prado: Lienzo antiguo, forrado sobre bastidor moderno de cuñas. Sus dimensiones son las siguientes: 107 ( $\pm 0,2$ ) x 68,5 ( $\pm 0,2$ ) centímetros. La tela original vuelve sobre el marco un máximo de 2,3 centímetros.

Calificación técnica: Lienzo antiguo de telar manual. Sentido contrario.

- Urdimbre: Proporción: Una sola urdimbre.

Material: Lino, un cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: de 11 a 12 hilos por centímetro.

- Trama: Lino, un cabo, torsión Z, crudo.

Reducción: De 10 a 11 pasadas por centímetro.

- Curso de ligamento: dos hilos y dos pasadas. ■

## NOTAS

1 El cuadro ha sido restaurado en los talleres del Museo del Prado por el restaurador D. Alfredo Piñeiro Garay.

2 En mayo de 1982 se ha finalizado el trabajo que bajo el título "Contribución al estudio de la obra del Greco en el Museo del Prado, utilizando los métodos físico-químicos de examen científico" hemos llevado a cabo por medio de una "Ayuda de Investigación" del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para asuntos culturales y educativos. La valoración de los resultados de todas estas obras y la dimensión del estudio que ahora presentamos en comparación con el de los demás cuadros de la colección será abordado en la publicación próxima de todos los documentos obtenidos.

3 REVUELTA, M.: Catálogo del Museo de Santa Cruz. n.º 418. Guías de los Museos de España. Dirección general de Bellas Artes 1962 pág. 71.

4 WETHEY, HAROLD. E.: "El Greco y su escuela". Ed. Guadarrama, S.A. Madrid, 1961. COSSÍO, M. B.: "El Greco" Espasa Calpe. 1912-1981. MAYER, A. L.: "El Greco" Berlin, 1931. CAMÓN AZNAR, I.: "Doménico Greco". Espasa Calpe, 1910. SOEHNER, H.: "Spanische Maester. München, 1963. JORDÁN, W. B.: Catálogo de la Exposición de "El Greco de Toledo". Madrid, 1982.

5 N.º 598 del Inventario de la Trinidad. Catálogo del Museo del Prado de 1912. págs. 301-302. n.º de cat. 826.

6 Op. cit., nota 4.

7 WETHEY, Op. cit., nota 4, vol. I. pág. 77.

8 COSSÍO, op. cit., nota 4, pág. 162.

9 El manto realizado subyacentemente es similar en su tonalidad al de San José de la Sagrada Familia del Hospital de San Juan Bautista de Afuera.

10 Mientras que la primera composición nos muestra una figura que se asemeja a algunos retratos del Greco, la segunda, la que se observa tras levantar el repinte, está más en la línea de algunos San Pablos del pintor.

11 Los análisis efectuados con el equipo de energía dispersiva de Rayos X han sido registrados en el mini-disco Greco VII.

12 MÜHLETHALER, B., y THISSEN, J.: "Smalt". Studies in Conservation vol. 14, n.º 2, pág. 41.

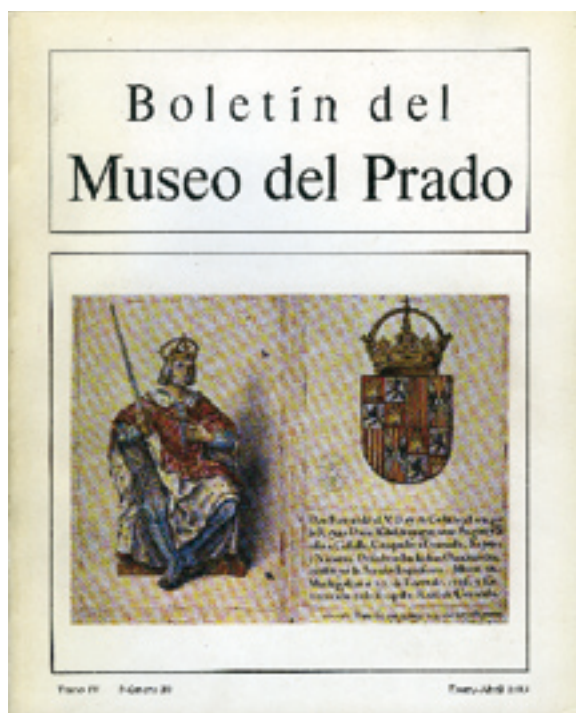
13 Los análisis se encuentran registrados en nuestro archivo de datos para su posterior confrontación con otras obras del Greco.

14 PLESTERS, J.: "A preliminary note on the incidence of this colouration of smalt in Oil media". Studies in Conservation, vol. 14, n.º 2, pág. 62.

15 Los análisis efectuados por energía dispersiva de rayos X han sido registrados en el mini-disco Greco IV.

16 El lienzo ha sido forrado en la restauración llevada a cabo en el Museo del Prado.

## 6.9. Algunas cuestiones técnicas del “Descendimiento de la Cruz” de Roger van der Weyden



### INTRODUCCIÓN

El Descendimiento de la Cruz (n.º 2825) del Museo del Prado y la Crucifixión del Monasterio del Escorial son las únicas pinturas consideradas como auténticas dentro del grupo Van der Weyden<sup>1</sup>. Ambas se mencionan en un inventario de obras de arte dadas por Felipe II a El Escorial en 1574 estando descrito “El Descendimiento de la Cruz” como “de mano del Maestro Rogie”. Estos dos cuadros son por tanto puntos lógicos de atención para cualquier investigación sobre los métodos pictóricos y materiales de Roger Van der Weyden y su taller.

El Descendimiento fue pintado para la Cofradía o Corporación de Ballesteros de la Iglesia de Nuestra Señora Extramuros de Lovaina, existiendo controversia sobre el año de su ejecución que suele situarse en torno a 1435<sup>2</sup>. La referencia más antigua que se

posee sobre el cuadro es la de 1548 en la “Relación del viaje que el Príncipe Felipe de España hizo a los Países Bajos”, en donde se cita la obra en la Capilla del Castillo de Maria de Hungría en Binches, lugar en que estuvo ubicada hasta ser enviada a Felipe II a España<sup>3</sup>, en 1556. Este rey la donó en 1574 al Monasterio de El Escorial, tras una breve estancia en el Palacio de El Pardo<sup>4</sup>.

Actualmente permanece en el Museo del Prado por decisión del Gobierno de Franco desde 1939, tras su salida del Monasterio en octubre de 1936<sup>4 bis</sup> y su paso por la Exposición de Ginebra en 1939, fecha última en la que el cuadro viajó. Con anterioridad en 1923 estuvo en la Exposición de Paris (Fig. 1).

Con motivo de su posible inserción en la Exposición de Bruselas<sup>5</sup> de 1979, fue solicitado, entre otros, un informe tras el examen científico del cuadro, al Gabinete de Documentación Técnica del Museo<sup>6</sup>. Se obtuvo entonces un montaje completo de reflectogramas infrarrojos para el estudio del dibujo subyacente, las radiografías totales del cuadro y algunos datos complementarios sobre su estado de conservación.

En 1981, gracias a la autorización del entonces Director del Museo el Dr. J. M, Pita Andrade fueron estudiadas por reflectografía infrarroja, las pinturas existentes en la colección del Prado, del Grupo Van der Weyden/Flemalle<sup>7</sup>, dentro del proyecto de investigación que desde 1980 se había puesto en marcha, para el estudio del dibujo subyacente de estos pintores y su círculo, con el apoyo de la organización Neerlandesa para el fomento de investigaciones científicas (ZWO)<sup>8</sup>.

Algunos de los resultados preliminares fueron presentados en el cuarto simposio sobre





1. Rogier van der Weyden. El descendimiento de la Cruz. Museo del Prado.

el dibujo subyacente, celebrado en Lovaina en Octubre de 1981<sup>9</sup>.

Esta colaboración, entre el Gabinete del Museo del Prado y el grupo de trabajo que investiga sobre, el círculo Van der Weyden/Flemalle, ha dado como primer fruto la publicación que ahora se efectúa dentro del Boletín.

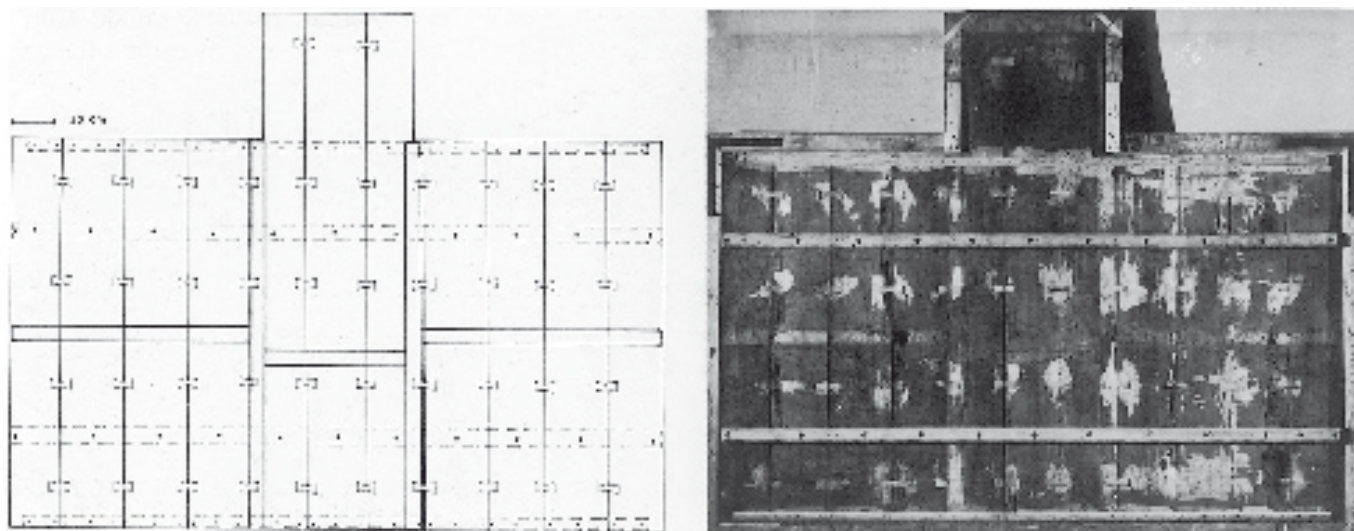
## ESTUDIO MATERIAL

### EL SOPORTE

El soporte de la pintura es de madera de roble, siendo sus dimensiones 220,5 ( $\pm 1$ ) x

259,5 ( $\pm 1$ ) cm. La madera fue cortada, según un plano tangencial al tronco del árbol, forma ésta tradicional en los Países Bajos, viéndose claramente en el reverso la imagen frontal de los radios leñosos.

Su estructura está formada por la unión de once tableros verticales mediante tres espiches de madera en cada junta, salvo en las centrales que son cuatro por ser de mayor tamaño. Estos espiches son más cortos que el taladro en el que se alojan, no rellenando totalmente el hueco efectuado para su colocación. En diversas zonas del reverso, la madera muestra las marcas de un traba-



2. Fotografía del reverso del cuadro y esquema del mismo, en el que se señalan lo que debió ser la estructura original y los elementos añadidos posteriormente.

jo de igualación de la superficie hecho con azuela.

Según se deduce del examen visual y del efectuado a través de la radiografía, el soporte tenía en origen, muy probablemente, cinco barrotes, tres colocados en forma de H en la parte central del cuadro, y otros dos en horizontal situados a los lados verticales de dicha H, según el esquema de la figura 2. Las huellas dejadas por los mismos son una prueba de ello, así como el examen del contraste radiográfico en estas zonas que estudiaremos posteriormente.

Los bordes del cuadro fueron biselados, presentando en algunas zonas, por ejemplo en la parte alta superior, un pequeño rebaje para el encajamiento en el marco original.

Poco se conoce de la historia material de la obra. Es evidente que, además de otras intervenciones que haya podido sufrir con anterioridad, el soporte ha sido intervenido tal vez en torno, anterior o posterior, a su entrada en el Prado. La modificación sufrida en su estructura de barrotes, hace difícil estudiar con mayor precisión algunos detalles originales. Los travesaños primitivos fueron sustituidos por cuatro de madera resinosa en sentido

horizontal, siendo de mayor tamaño los dos centrales que los situados en los bordes. Todos se encuentran fijados con numerosos tornillos de fabricación moderna.

Además fueron colocadas sobre cada junta cuatro colas de milano, salvo en las tablas centrales, que por ser de mayor tamaño tienen una más. Todas ellas están embutidas a media madera.

La madera se encuentra ligeramente astillada en algunas zonas, siendo tal vez las más importantes a reseñar las del tercero y sexto tablón de izquierda a derecha.

El marco actual no es el original, aunque es un marco antiguo que le ha sido adaptado, como lo demuestran los "graffitti", el más antiguo con fecha de 1796. Es de madera resinosa, estando reforzado en los ángulos superiores e inferiores por listones de madera embutidos en sentido diagonal, mientras que los cuatro ángulos intermedios, los dos exteriores presentan escuadras metálicas y los dos interiores listones de madera sobrepuestos. También pueden verse trazas de largueros y travesaños ligeramente encastrados. Todo esto no parece guardar ninguna relación con la pintura.



3. Detalle de la cabeza de San Juan. Luz visible.



4. Cabeza de San Juan. Montaje de reflectogramas infrarrojos. Se aprecian el original dibujo del pelo y los pequeños trazos de sombreado en forma de dientes puntiagudos en el cuello y en la mejilla.

### EL DIBUJO SUBYACENTE

Generalmente una pintura se examina primero sistemáticamente, a una distancia conveniente, mediante un equipo de reflectografía infrarroja. Basándose en las observaciones hechas durante esta investigación preliminar, se seleccionan los detalles para ser fotografiados en la pantalla del monitor. Estas imágenes de detalle se pueden unir posteriormente unas con otras en un montaje de reflectogramas.

En el caso de "El Descendimiento de la Cruz", sobre el montaje completo de los reflectogramas obtenidos la primera vez que fue estudiado, se procedió al estudio de las zonas que resultaban más interesantes, profundizando por medio de detalles efectuados a más corta distancia. Algunos de éstos son reproducidos en este artículo.

El dibujo subyacente se caracteriza fundamentalmente por su falta de homogeneidad. Es espontáneo, ejecutado rápidamente y más bien sumario. Los contornos de las figuras

están indicados con algunas audaces pinceladas lineales <sup>10</sup>. Las caras están poco desarrolladas, tan solo se esbozan los párpados y el iris de los ojos. El pelo, muy notable en el caso de San Juan, se diseña por medio de una serie de flujos a modo de líneas onduladas desplegándose desde la raíz <sup>10bis</sup> (figs. 3 y 4). Las sombras se obtienen de varias maneras, por:

- Pequeños trazos cuyo perfil se asemeja a una hilera de dientes puntiagudos. Esto ocurre especialmente en las caras de San Juan y José de Arimatea.
- Líneas algo largas. Bastante arbitrarias, en los pliegues secundarios.
- Serie de trazos paralelos perpendiculares al pliegue principal, el cual está señalado con una única línea larga.
- Líneas gruesas, algo toscas y cruzadas, que aparecen ocasionalmente, como en la mano del ayudante que porta las herramientas.

En las zonas de sombra, los trazos de tipo colmillo parece que son utilizados para las

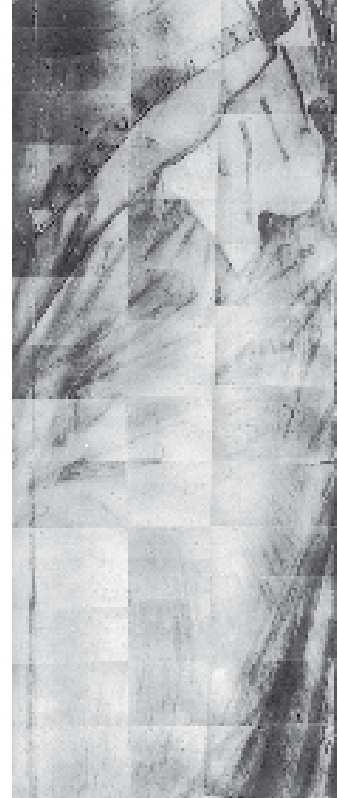


5. Detalle del vestido de María Magdalena. Luz visible.

sombras en superficies planas, mientras que las líneas paralelas se ajustan a los pliegues, son empleadas para sombras más profundas. En las partes de mayor iluminación, como puede ser por ejemplo el perfil de María Magdalena, desde la cintura a las rodillas, no existe ninguna preparación sistémica de luz y sombra en el dibujo subyacente (Figs. 5 y 6).

En cierto número de lugares en el cuadro son visibles unas líneas muy finas, las cuales deben constituir un primer diseño. Estos primeros trazos, que podríamos llamar de encajamiento, no siempre coinciden con la composición final del diseño preparatorio.

En los ropajes, las formas pintadas no difieren mucho de las existentes subyacentemente. En el dibujo, a pesar de su ejecución sumaria, destacan por ejemplo los impetuosos trazos cerca de la cadera de María Magdalena. Se aprecia, como una excepción, que el número de los pliegues en la manga izquierda del ayudante de la escalera ha sido reducido en el proceso pictórico. Algo similar ocurre en algunas zonas de los mantos de San Juan y la Virgen.



6. Conjunto de reflectogramas infrarrojos de una parte del vestido de María Magdalena. Obsérvese la firmeza de los trazos cercanos a la cadera. La imagen del cinturón y las letras corresponden a la realización pictórica y no al dibujo subyacente.

Particularmente en las caras, la superficie pictórica se aparta considerablemente del dibujo subyacente. El cambio más notable se produce en la cabeza del hombre que mantiene entre sus manos el tarro de los ungüentos. Sus ojos estaban en el diseño preparatorio en la posición de su actual nariz, mostrando sólo los párpados. Este personaje aparece desplazado descendentemente en este estrato de la ejecución pictórica (Figs. 7 y 8). Lo mismo sucede en otras figuras. Las diferencias en la forma y en la ubicación del sombrero de José de Arimatea se observan en el desplazamiento descendente que éste presenta, al igual que sus orejas, deduciéndose por el dibujo subyacente que la cabeza de esta figura estaba proyectada más próxima al cuerpo de Cristo (Figs. 9 y 10). Lo mismo se aprecia



7. Detalle de la cabeza del personaje que porta el tarro de los ungüentos. Luz visible.



8. Montaje de los reflectogramas infrarrojos de la cabeza del personaje masculino que porta el tarro de los ungüentos. La posición original, en el dibujo subyacente, de la cabeza se puede ver a través de las capas de pintura, observándose que está diseñada más baja. Los rayos infrarrojos, no penetran el oro y el dibujo subyacente no se puede ver en el área alrededor de la actual cabeza.

en la cabeza de María Magdalena, mientras que la de María Salomé fue situada en el diseño más arriba. La posición de la cabeza de Cristo se dibujó más de frente. Las cabezas que se ven sin ninguna modificación son las de San Juan, la de la Virgen y la del ayudante de la parte superior de la Cruz.

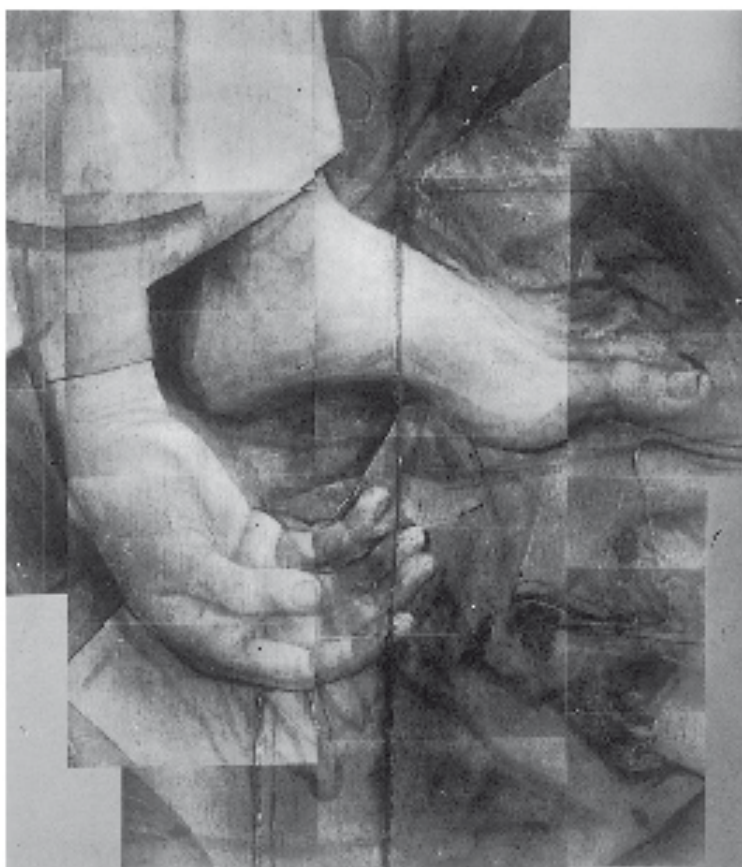
La ejecución esquemática de las caras en el dibujo subyacente implicaría que el modelado tuvo lugar durante el proceso pictórico.

Las manos de muchos personajes, así como algunas otras partes de sus cuerpos y detalles, fueron modificados considerablemente. La mano derecha de María se diseñó muy alargada, mostrándose hacia abajo y abierta, no ligeramente cerrada como aparece en su ejecución final. Su brazo derecho, al

igual que su mano, eran paralelos al brazo y la mano derecha de Cristo (Figs. 11 Y 12). La mano izquierda muestra un ligero cambio posicional.

La mano derecha de San Juan presenta un desplazamiento descendente en el diseño. Su pie derecho ha sufrido en la realización final un desplazamiento ascendente y un cambio posicional, encontrándose su contorno rectificado.

La zona en que confluyen la mano derecha y brazo de la Virgen, su manto y el pie izquierdo de San Juan es un lugar de gran confusión en las líneas de su diseño preparatorio, ya que en ella se mezclan los distintos cambios de composición y posicionales con trazos de difícil interpretación, que deben encuadrarse



9. Detalle de José de Arimatea y Cristo muerto. Luz visible.

10. Conjunto de reflectogramas infrarrojos de la cabeza de José de Arimatea. Aunque la imagen visible interfiere con el dibujo subyacente, se puede ver la posición diferente de los ojos y del bonete sobre su cabeza. También se observan los trazos que modelan el cabello.

11. Detalle de la mano derecha de la Virgen y del pie derecho de San Juan. Luz visible.

12. Montaje de reflectogramas infrarrojos de la mano de la Virgen próxima al pie de San Juan. Originalmente, la mano fue dibujada en una posición más abierta que la realizada con la materia pictórica.



13. Radiografía del lado superior izquierdo del cuadro.



14. Radiografía del lado superior derecho del cuadro.

dentro de las modificaciones existentes en esta parte de la pintura.

La mano de María Salomé, que sujeta el brazo izquierdo de la Virgen, fue modificada por dos veces durante el proceso de elaboración del cuadro, haciéndose el puño cada vez más suelto.

La bocamanga izquierda del ayudante de la escalera, que sostiene a Cristo, se realiza igualmente con mayor soltura. La misma escalera estaba algo más oblicua y en una posición más hacia la derecha en el dibujo subyacente.

El pie izquierdo de José de Arimatea ha variado en su contorno ligeramente y el zapato derecho de Nicodemo presenta en su diseño un desplazamiento descendente.

El corpiño del traje de María Magdalena fue diseñado con un mayor fruncido horizontal. Además el escote está ligeramente rectificando en su realización pictórica.

Las variaciones en los contornos de las figuras, si bien son bastante generales y abundantes, son muy ligeras, no revistiendo gran importancia.

El dibujo subyacente de las letras griegas pintadas en la cartela de la cruz, muestra la típica inscripción INRI.

En resumen, podemos concluir diciendo que las figuras laterales de San Juan y la Magdalena presentan un dibujo subyacente más elaborado que el resto de las figuras principales, y que la tensa composición fue ligeramente suavizada durante la ejecución pictórica, haciéndose las figuras de los bordes menos envolventes con respecto al grupo central.

#### ESTUDIO RADIOGRAFICO

La radiografía general realizada al cuadro <sup>11</sup> se caracteriza por el juego normal de densidades, mostrando una imagen que se corresponde con la actual superficie pictórica bastante fielmente. En la comparación del dibujo subyacente con la radiografía y la imagen visible vemos que ninguna de las primeras posiciones de las caras y manos, vistas en el anterior capítulo, pueden ser vislumbradas sólo con la radiografía, ya que estos cambios compositivos tuvieron lugar al principio del proceso pictórico <sup>12</sup>.

Los documentos obtenidos mediante esta técnica (Figs. 13, 14 y 15), muestran ligeras correcciones efectuadas con la materia

pictórica en bordes de mantos, posiciones de miembros, etc., sin que se pueda hablar de cambios de composición, por ejemplo, la manga izquierda del vestido de la Virgen, la toca de María Salomé, etc.

En la frente de la Virgen cabe destacar una marca en forma de gota de muy difícil interpretación (figura 13).

La influencia del reverso en la radiografía es importante. Toda la superficie del soporte, una vez terminado su ensamblaje, fue recubierta con una capa de pintura roja conteniendo principalmente minio. Este pigmento, radiográficamente denso, influye en la imagen obtenida, como puede verse comparando las zonas en que persiste con las que ha desaparecido por las intervenciones posteriores (raspados de los bordes, barrotes modernos y tornillos).

El que la pintura del reverso fue aplicada tras su finalización, lo prueba la falta de densidades en las zonas en donde estaban colocados los barrotes originales que se reseñan en el esquema de la Fig. 2. Es muy interesante el estudio de la colocación de los espiches en las uniones de las tablas, ya que ésto solo puede ser analizado a través de los documentos radiográficos.

Teniendo en cuenta que la densidad generalmente es relativamente alta los contrastes son poco acusados, a excepción de las zonas de fuertes y débiles densidades. La ejecución aparece sin embargo, como vigorosa y matizada al mismo tiempo. Las zonas de luz muestran de manera precisa, la existencia de importantes cantidades de blanco de plomo dispuestas normalmente con rigor. Lo mismo se observa en los paños claros, principalmente en los que la estructuración está especialmente señalada. El modelado de las carnaciones se obtiene generalmente a partir de una materia poco cargada de blanco de plomo, a excepción del cuerpo de Cristo y de la cabeza de la Santa mujer situada a su derecha.



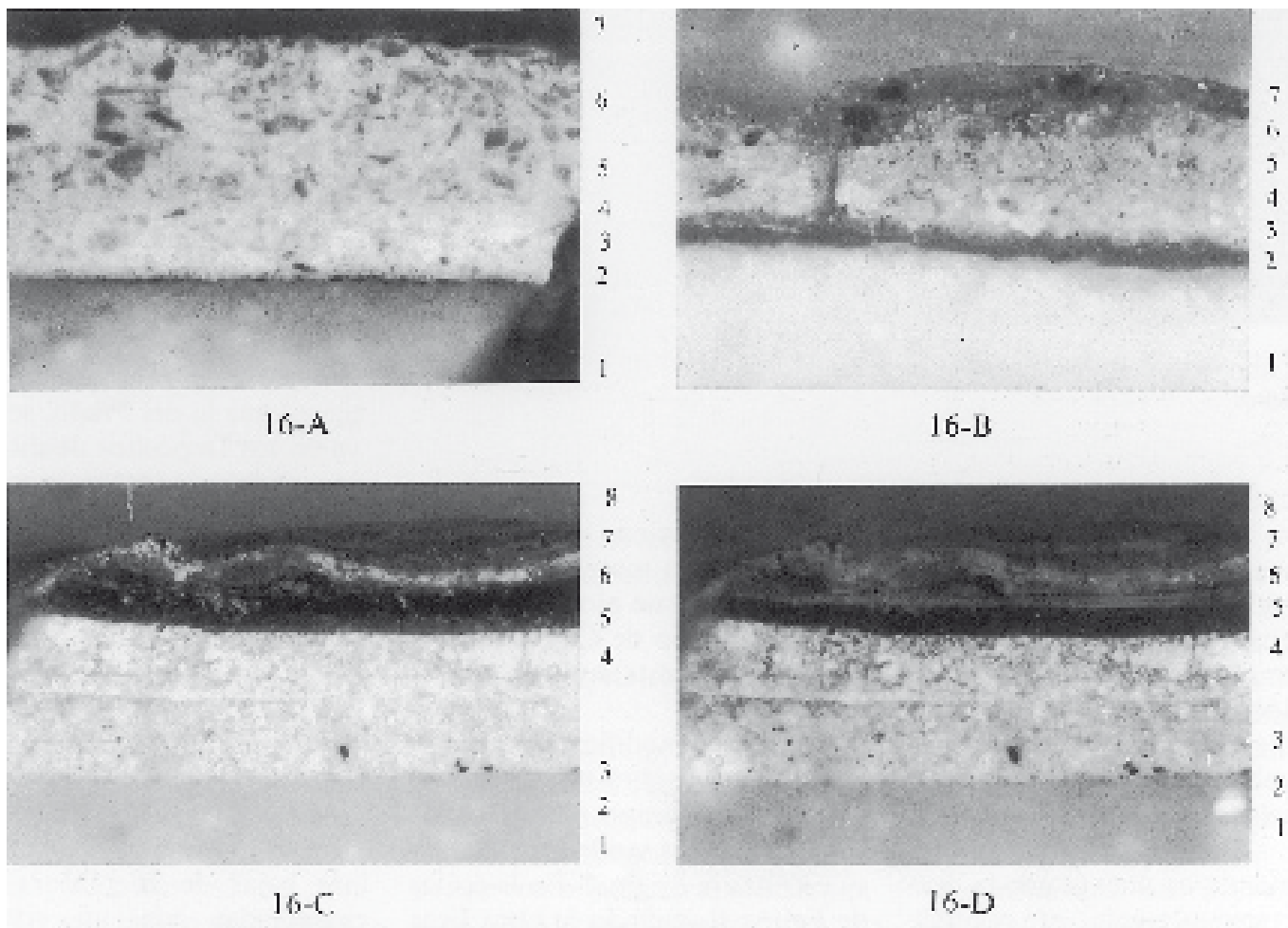
15. Radiografía de la zona central superior del cuadro.

Aunque la modificación del soporte debe ser obra no demasiado lejana en el tiempo, el cuadro ha sufrido diversas modificaciones en su estructura original. En la época de Felipe II, cuando la obra llega al Escorial se la describe como un tríptico, con dos puertas y ocho figuras en ellas, por dentro los cuatro Evangelistas y la Resurrección y pintados por fuera con la técnica de la grisalla por Juan Fernández Mudo <sup>13</sup>, puertas de las cuales se ha perdido toda referencia.

El Tríptico Edelheer de San Pedro de Lovaina, copia reducida con ligeras variantes está fechado en 1443, y es la primera copia conocida y realizada con una estructura tal vez similar a la de la obra.

En las puertas fueron pintados la familia del donante y su mujer presentados por San Pedro y Santa Isabel, respectivamente. Cerrado, en grisalla, en el lado izquierdo se representa un grupo escultórico de la Trinidad





16. Microfotografía de las preparaciones realizadas con las muestras tomadas del cuadro:

16 A. Localización: vestido azul de la Virgen. 1. Preparación. 2. Dibujo subyacente. 3. Capa intermedia color gris carne. 4. Azul verdoso a base de azurita y blanco de plomo. 5. Dos capas azul intenso a base de Lapislazuli y blanco de plomo.

16 B. Localización: malva del vestido de María Magdalena cerca de la cadera junto al borde derecho del cuadro. 1. Preparación. 2. Dibujo subyacente negro (6 a 15 micras). 3. Capa intermedia de color gris carne (9 micras). 4. Capa de fondo rosada conteniendo azurita, laca orgánica roja y blanco de plomo (24 micras). 5. Capa de pintura grisácea (24 micras). 6. Capa de pintura malva conteniendo lapislazuli y laca orgánica roja con algo de blanco de plomo (24 micras). 7. Repinte y barniz.

16 C. Localización: verde hoja del vestido de María Salomé. 1. Preparación (240 micras). 2. Capa intermedia de color gris carne. 3. Capa de verde claro (48 micras). 4. Capa de verde amaillento (48 micras) 5. Glacis de resinato de cobre (12 micras). 6. Capa de barniz. 7. Repinte. 8. Barniz.

16 D. La misma preparación de la Fig. 16 C vista combinando la luz reflejada y la fluorescencia ultravioleta. Las capas de Barniz, 6 y 8 se muestran azules. La capa de resinato de cobre no fluoresce.

y a la derecha otro grupo con San Juan sosteniendo a la Virgen.

En España existen dos copias del Descendimiento de igual tamaño que el original en que sólo se reproduce la escena central. Una es la realizada por Michel Coxcie y pagada por Felipe II en 1569, encargada por María de Hungría. Fue enviada en 1939 al Escorial para cambiarla por el original. La estructura de las tablas es diferente ya que son paneles colocados en horizontal. La segunda, con la misma colocación de los tableros que la del Prado, se conserva en los Depósitos de dicho Museo, atribuyéndose a un pintor de principios del XVI. Procede del Convento de los Ángeles de Madrid.

#### ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA PINTURA

En febrero de 1981 las zonas más bajas de la pintura fueron examinadas con un estereomicroscopio, tomándose también algunas pequeñas muestras de los bordes de las grietas abiertas entre los tablonos.

Como no ha sido publicado hasta ahora ningún dato sobre la técnica pictórica de Roger Van der Weyden, es particularmente importante el estudio de estas muestras. Las preparaciones microscópicas se hicieron embutiendo parte de las mismas en una resina de poliéster transparente, llevándose a cabo secciones transversales. Los pigmentos azules y verdes se prepararon también en bálsamo del Canadá, estudiándose con luz transmitida y polarizada.

Las secciones transversales se han observado a 200 aumentos en luz reflejada con fondo oscuro, mostrando la siguiente estructura (Fig. 16):

1. Preparación de yeso y cola.
2. Capa negra en algunas secciones, que corresponde al dibujo subyacente.
3. Capa fina de color blanco parduzco con partículas rojas y negras {= 9 micras}.

4. Tres/cuatro capas pictóricas. El grosor total de las seis secciones estudiadas varía entre sesenta y ciento diez micras. La capa tres es, de hecho, un estrato intermedio de color gris carne, probablemente encaminada a prevenir la penetración del medio aceitoso de la pintura en la preparación porosa<sup>14</sup>.

Es interesante el hecho de que Carel Van Mander en su *SchilderBoeck* de 1604 menciona el uso de una capa transparente y fina, de color carne, sobre el dibujo subyacente<sup>15</sup>, como empleada por pintores como Van Eyck, Lucas de Leyden y Peter Brueghel. Sin embargo, en pinturas realizadas por estos pintores, esta capa no ha sido hallada hasta ahora en las secciones transversales efectuadas.

La estructura y composición de la pintura en el manto de María, por ejemplo, es muy interesante (Fig. 16-A). Sobre la capa de color gris carne se sitúa una de color azul-verdoso (36-42 micras), a base de finos cristales de azurita y algo de blanco de plomo, cubierta a su vez, por una estructura de dos capas gruesas (grosor total = 90 micras) de ultramarino natural de buena calidad, mezclado con blanco de plomo. Es digno de atención el hecho de que esta pintura fue, por consiguiente, más cara que la que se usó en el manto de María en el Retablo de Gante de Van Eyck<sup>16</sup>, en donde una o dos capas de lapislázuli (8-46 micras) fueron aplicadas sobre dos o tres de azurita con algo de blanco de plomo (76-84 micras).

La técnica de la coloración pictórica en el "Descendimiento de la Cruz", parece así ajustarse bien a la práctica observada en las obras realizadas por Van Eyck y Bouts<sup>17</sup>. En las pinturas examinadas pertenecientes a estos grupos, se encuentran generalmente tres capas de pintura. La capa intermedia de color carne pudiera ser distintivo, porque en las pinturas de Van Eyck y Bouts se encontró que una fina película de aceite sin pigmentos había sido aplicada sobre el dibujo subyacen-

te. Debemos recordar no obstante que no hay todavía ningún otro dato disponible sobre la estructura de las capas pictóricas y composición de los colores del grupo del Maestro de Flémalle.

Las materias utilizadas por el pintor en la ejecución de esta obra fueron las siguientes <sup>17 bis</sup>:

Blanco: blanco de plomo Negro: sin determinar

Azul: azurita y ultramarino natural

Verde: resinato de cobre pulverizado

Naranja: bermellón de mercurio Marrón: óxidos de hierro Amarillo: amarillo de plomo y estaño Rojo: laca orgánica roja y bermellón de mercurio Oro: oro

## CONSERVACION

Van Mander mencionó en su "Schilder-Boeck" que el "Descendimiento de la Cruz", siendo transportado desde Lovaina a España, naufragó y fue recuperado del agua con pequeños daños, sólo se despegó ligeramente <sup>18</sup>. El visitante del Museo del Prado podría pensar, por tanto, que las grietas entre las placas verticales son ensamblajes despegados y que constituyen el resultado de este infor-

tunado accidente.

Sin embargo, la separación entre las juntas, problema que ya preocupaba a Felipe II en la nota decreto que se recoge en la cita 4, y las roturas astilladas que se observan en las juntas de los paneles, son debidas con bastante certeza a la última intervención del soporte, con el cambio de su embarrotado y, con toda probabilidad, al encolado de estas juntas por medio de una cola demasiado fuerte que ha producido este problema por la influencia de los distintos cambios climáticos y de humedad sufridos por la madera. Parece evidente, que las distintas tablas que componen el soporte por estar firmemente sujetas de una en una a los barrotes del reverso mediante tornillos, en el proceso de contracción se han aislado unas de otras abriéndose las grietas verticales. Fotografías antiguas de la obra muestran estas juntas menos abiertas y sin roturas en sus uniones, lo que apoya esta teoría <sup>19</sup>.

Las secciones transversales realizadas de la pintura del cuadro señalan repetidos retoques en su superficie, alrededor de las grietas y en otras partes, de un modo generalizado.

Sería muy conveniente realizar una profunda investigación de las condiciones actuales de esta obra, con vista a establecer los mejores métodos para su conservación futura. ■

## NOTAS

1 FOLIE I.: Les oeuvres authentifiées des Primitifs Flamands. "Bulletin IRPA", VI, 1963, pág. 183-256, lám. 208-209.

2 Por lo general es considerada por los historiadores como obra de juventud, situándose los límites de su ejecución entre la fecha de su matrimonio 1432 y la realización del retablo Edelheer en 1443, primera copia que se conoce del Descendimiento. Una muy extensa bibliografía puesta al día puede ser consultada en: BERMEJO, E.: La pintura de los primitivos flamencos en España. Instituto Diego Velázquez. Madrid 1980, pág. 103-108. Sobre el tríptico Edelheer:

VEROUGSTRAETE-MARCQ. H. con la colaboración de VAN SCHOUTE R. y HOLLANDERS-FAVART, D.: Le Triptyque Edelheer: examen au laboratoire el rapport avec la Descente de Croix du Prado de Madrid. Le dessin sous-jacent dans la peinture. Colloque III. Le probleme Maître de Flémalle-van der Weyden, editado por D. Hollanders-Favart y R. Van Schoute, Louvain-la-Neuve, 1981, p. 98-102.

3 El descubrimiento hecho por M. Th DOVILLÉE del Relato del "Viaje" escrito por VICENTE ALVAREZ fue publicado por S. SULZBERGER en 1963. En él se dice que el cuadro fue sustituido en Lovaina por una copia. Molanus (1553-1585), historiador de la ciudad de Lovaina relata el origen de la primera ubicación de la pintura, confirmando su atribución y sustitución por lo que él cree es una obra de Michel Coxcie. Posteriores referencias bibliográficas confirman los datos anteriores. Existe además un grabado de Cornelis de Cort en cobre realizado en 1565.

SUIZBERGER, S.: Relation du voyage que le prince Philippe d'Espagne fit aux Pays-Bas en 1548, de Vicente Alvarez, En "Stoa" (Revista del Cercle d'histoire de l'art et d'archéologie de l'Université Libre de Bruxelles) VI, Abril-Mayo 1963, págs. 10. La descente de Croix de Rogier Van der Weyden en "Oud Holland" 1963, pág. 150.

FOLIE, J.: op. cit.

DAVIES, M.: Roger Van der Weyden Londres, 1972, pág. 223-226.

4 Felipe II quiso con anterioridad a esta fecha adquirir la obra y es cuando encargó la copia a Coxcie. Pero sería en este momento a través de la herencia de María de Hungría cuando la pintura llegue a sus manos. Primero estuvo en el Pardo para después pasar al Monasterio del Escorial.

En una nota-decreto de 1576 da entre otras las siguientes instrucciones a su secretario:

"Que el Descendimiento de la Cruz, de Lobaina, que se

trujo del Pardo, después que esté aderezado, se meta en la capilla mayor, dando para ello en la puerta la mejor orden que les pareciere, porque ahora no cabe por ella, y que se ponga sobre el altar arrimado al Retablo metido en los mismos maderos y sus tornillos como agora está, porque no se vuelva a abrir más. Que pasado el verano y visto que no se vuelve a abrir le aderece el mudo, pintando lo que está saltado de los colores en las vestiduras y en el campo, más no ha de tocar en el gesto ni tocado de Nuestra Señora ni en otra ninguna cosa que no sea vestido o campo como se lo señalé hoy".

SETENACH, N.: La Pintura en Madrid Madrid, 1907, págs. 41-42,

4 (bis). Varios cuadros, así como otros objetos artísticos, salieron de El Escorial el 20 de Octubre de 1936, bien acondicionados por Marcelino Macarrón, para su protección durante la guerra civil española pasando por distintos lugares y vicisitudes hasta ser llevados a Ginebra. Algunas de las pinturas salidas del Monasterio en esta ocasión se quedarían, finalizada la guerra y vueltas a España, en el Museo del Prado, como es el cuadro que ahora nos ocupa. Esta evacuación fue autorizada por Largo Caballero, haciéndose cargo de las obras, 22 cuadros de las salas capitulares y sacristía y 2.370 libros entre otros objetos, M.<sup>a</sup> Teresa León, Alberti, Bergamín y Serrano Plaza. Ver.

ALVAREZ LOPERA, J.: La Política de Bienes Culturales del Gobierno Republicano durante la Guerra Civil Española. Ministerio de Cultura. 1982, vol. 11, pág. 93-95.

5 Exposición: Rogier Van der Weyden (Rogier de la Pasture). Musée Communal de Bruxelles-Maison du Roi. Octubre-Novembre 1979. Bruselas. Su estado de conservación no hizo aconsejable su ida a la Exposición. Con todo está dentro del Catálogo con el n.º 10.

6 En este primer momento se obtuvieron los documentos básicos para el estudio técnico siguiendo la misma metodología que la empleada en otra pintura de este mismo grupo:

CABRERA, J. M.<sup>a</sup>: La Piedad de Roger Van der Weyden. Análisis de Laboratorio. "Boletín del Museo del Prado" tomo 1, n.º 1, 1980, pág. 39-50..

7 El equipo empleado en la realización de las reflectografías infrarrojas está compuesto por una cámara de televisión Grundig FA 70 equipada con un vidicon de infrarrojos Hamamatsu N 214, un monitor Grundig BG 12, de 875 líneas. La película utilizada es Kodak Panatomic X film para fotografiar la pantalla del monitor con una cámara Nikon EL2.

Los otros cuadros reflectografiados del Museo durante esta misión fueron: La Piedad (n.º 2540), La Virgen con

el niño (n.º 2722), El Tríptico de Cambrai (n.º 1888-1892), Los Desposorios de la Virgen (n.º 1887), San Juan Bautista y el Maestro Franciscano Enrique de Verl (n.º 1513), Santa Bárbara (n.º 1514), La Anunciación (n.º 1915).

8 VAN ASPEREN DE BOER, J.R.J.: A project to investigate underdrawings in the Group Van der Wevdyden/Flémalle. Le dessin sous-jacent dans le peinture, Coloquio, 6-8 de Septiembre 1979, Universidad Católica de Lovaina, Lovainala-Nueva 1981, pág. 105-107:

9 VAN ASPEREN DE BOER, J. R. J., ENGEISMAN. W. J. FILEDT KOK, J. P. y VAN SCHOUTE. R.: A progress report on the investigation of the underdrawing in the paintings of the Group Van der Weyden/Flémalle. IV Coloquio para el estudio del dibujo subyacente en la pintura, Lovaina-La-Nueva 29-31 de octubre 1981, Lovaina-la-Nueva, 1982, pp. 98-102.

10 El dibujo subyacente es visible sobre el borde derecho del cuadro a la altura del vestido de María Magdalena.

10 (bis). Esta manera de hacer el pelo de San Juan puede verse realizada de una manera similar en el dibujo "Mise au tombeau" que se conserva en París en el Gabinete de dibujos del Museo del Louvre, n.º de inv. 20.666, 240 x 357 cm. (Catálogo de la Exposición reseñada en la cita n.º 5, n.º 24).

11 La radiografía ha sido realizada en Cronaflex -film en 6 placas con técnica de gran formato. Las características de la toma fueron las siguientes: Material sensible: Cronaflex film projection tipo B. 50 KV, 15 IDA, 5 mn, 2 mts. cada toma

12 VAN ASPEREN DE BOER. J. R. J.: Infrared Reflectograph. A contribution to the examination of earlier European paintings. Tesis Doctoral en la Universidad de Amsterdam, Amsterdam 1970 (62 fot.).

13 Las puertas no han llegado hasta nuestros días. Existe una controversia recogida en profundidad por Elisa Bermejo, op. cit. 2. sobre los temas iconográficos pintados, en la descripción a su llegada a El Escorial. La opinión más generalizada es que existe una confusión en la descripción de los temas iconográficos del anverso y del reverso (temas en grisalla pintados

por "El Mudo"). Los temas que se apuntan como más verosímiles son:

Abierto: Izquierda: Camino del Calvario; Central: Descendimiento (única parte conservada); Derecha: Resurrección.

Cerrado: Dos evangelistas en grisalla sobre cada puerta y un profeta en cada coronamiento rectangular, que sería la parte pintada por "El Mudo".

14 Una capa comparable conteniendo blanco de plomo y aceite secante, con un grosor de menos de 10 micras, fue hallada en el Calvario de Justo de Gante en la Catedral de San Bavon: Het Calvarie-drieluik toegeschreven aan Justus van Gent en de bijbehorende predella, COREMANS P. y THISSEN J. Samenstelling en Structuur van verflaag en plamuur, "Bulletin IRPA" IV, 1961, pág. 28-32, lám. 30. En pinturas del Grupo Van Eyck y Dirc Bouts fue hallada una capa de impregnación de aceite. Cf. nota 17.

15 VAN MANDER, C: Het Schilder-Boeck, Haarlem 1604, fol. 47 verso, versos 16 y 17 (Edición Facsímil Davaco Publishers, Utrecht, 1969):... "het primuersel was carnatiachtich".

16 COREMANS. P. y otros: L'Agneau mystique on laboratoire. Les Primitifs Flamands III, 2. De Sikkel, Antwerpen 1953, pág. 70-71.

17 COREMANS. P., GETTENS. R. J. y THISSEN. J.: La technique des "Primitifs Flamands". "Studies in Conservation", I. 1952, pág. 1-29.

COREMANS. P. op. cit. nota 16.

17 (bis). Los pigmentos han sido analizados mediante el examen microscópico, microquímico y el de fluorescencia de rayos X (equipo Kevex).

18 VAN MANDER. C. op. cit. nota 15. fol. 207:... "Dit principael stuck van Meester Rogier wiert aen den Coningh nae Spaengien gesonden/welck onder weghe met t'schip op de reys verdronck/doch werd ghevischt: en seer dicht en wel ghepackt wesende/was niet seer bedorvendan een weynich ontlijmt".

19 Ver por ejemplo Fotografía Archivo Moreno. n.º de cliché A.M. 101.

## 6.10. La Fragua de Vulcano.

### Estudio técnico y algunas consideraciones sobre los materiales y métodos del XVII.



La primera mención que encontramos del cuadro pintado por Velázquez, con el tema mitológico de la Fragua de Vulcano, es la del pago que se hace del mismo, junto con otros dieciocho lienzos en 1634, adquiridos todos ellos por el Protonotario Don Jerónimo de Villanueva para el Buen Retiro, por encargo de Felipe IV<sup>1</sup>.

Con posterioridad se encuentra inventariado en 1701 en el Palacio del Buen Retiro y en 1772 y 1794 en el Nuevo Palacio Real. Desde 1819 pertenece al Museo del Prado<sup>2</sup>. (Fig. 1).

La mayoría de los estudiosos siguen la mención de Palomino<sup>3</sup> referente a que el cuadro fue pintado durante el primer viaje del pintor a Italia en 1629-1631, Y más concretamente en Roma en 1630, situando su ejecución entre 1630-1631<sup>4</sup>. Es posible también pensar que la obra no estuviese concluida al regresar Velázquez a España en enero de 1631 y que el pintor siguiese su elaboración hasta su venta en 1634.

En la escena se recoge el momento en que Apolo irrumpe en la mansión de Vulcano, el cual se encuentra trabajando una pieza de armadura en su fragua junto con los cíclopes Brontes, Estéropes y Piracmon, para avisarle de la infidelidad de su mujer Venus con el dios Marte. En el fondo aparece un personaje que puede ser un ayudante, o bien el gallo, personaje que tiene la misión de alertar a los amantes y protegerlos para que no sean descubiertos<sup>5</sup>. La escena está sembrada de los objetos propios del trabajo de una fragua.

#### CAMBIOS DE COMPOSICION

Los cambios de composición que presenta la obra, han podido ser estudiados a través de los documentos radiográficos<sup>6</sup> (Fig. 2) Y las fotografías infrarrojas<sup>7</sup>.

La composición subyacente tiene más densidad radiográfica que las correcciones y cambios añadidos. Por lo tanto todos los detalles visibles que carecen de dicha densidad deben ser atribuibles a un segundo momento de la ejecución pictórica del cuadro. En algunos de estos detalles añadidos o variados pudiera pensarse que la falta de densidad fuese imputable a su tonalidad, marrones, negros, etc., pero debajo de los mismos, como iremos narrando a continuación, subsiste una estructura subyacente finalizada.

El contraste radiográfico tan acusado de los documentos es debido al uso abundante del blanco de plomo en la ejecución de la obra, así como a la existencia, además, de otros pigmentos igualmente muy densos como son el bermellón de mercurio y el amarillo de plomo y estaño.

Sobre la radiografía se aprecian marcados abundantes trazos curvos, a modo de anchas paletadas, por toda la superficie del cuadro que corresponden a la manera de aplicar la preparación sobre el lienzo.



1. La Fragua de Vulcano.

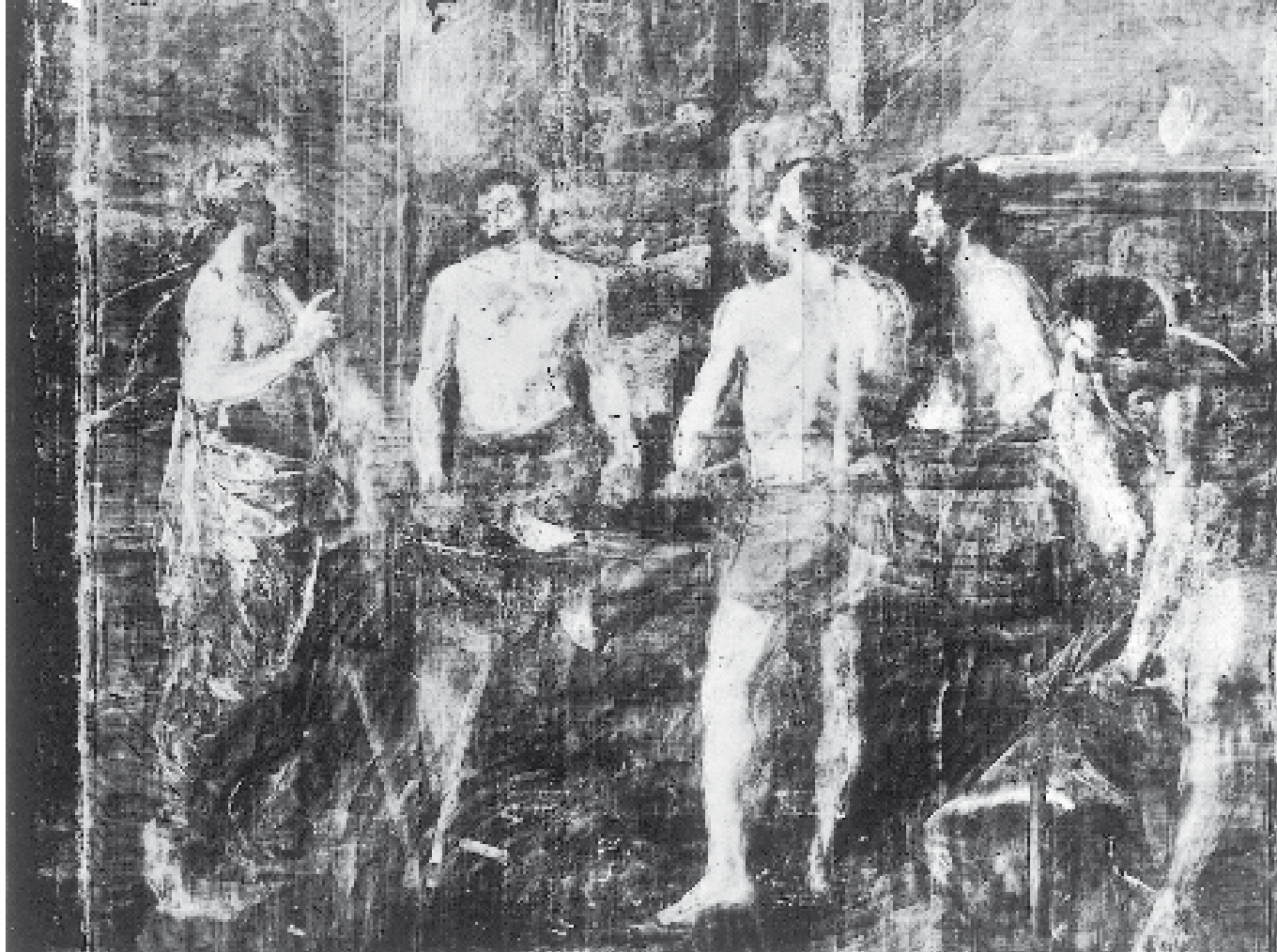
El más significativo de los cambios de composición es, sin duda, el efectuado en la figura de Vulcano, concebido en primera instancia en una visión más frontal y con la cabeza ligeramente inclinada hacia la derecha. Se puede decir que en la ejecución final esta figura se ha visto modificada tanto en su físico como en su posición con respecto a la imagen radiográfica. El brazo derecho, que subyacentemente se encuentra pegado al cuerpo se separa lateral y ascendentemente. El hombro izquierdo se inclina y el derecho se levanta, girándose el torso hacia la derecha para dirigirse hacia Apolo y bajando la posición de la cabeza. Su mirada también ha sido modificada. El brazo izquierdo y la mano del mismo lado también acusan este movimiento general de la figura, ejecutándose en una posición ligeramente descendente. En la imagen radiográfica aparece Vulcano sin nada sobre su cabeza mientras que después ha sido

colocado sobre ella un pañuelo a modo de cinta. También puede observarse cómo la tela que lo cubre tenía un mayor desarrollo hacia la cintura.

La barba es, asimismo, una adición del pintor, ya que el primer Vulcano efectuado aparece con bigote, pero imberbe. (Fig. 4).

En la fotografía infrarroja (Fig. 5) la versión final se superpone a la primera. Se aprecia con mayor nitidez la posición de la mano derecha del dios, y del martillo que porta, sobre el yunque.

La radiografía de la figura del dios Apolo pone de manifiesto una rectificación en su perfil y en su brazo derecho. Su figura fue totalmente pintada, superponiéndose posteriormente el yunque, que carece de contraste radiográfico, sobre sus vestiduras. Esta superposición llega a cubrir parte del pie derecho que se observa en el documento técnico con toda nitidez. (Fig.2.7).



2. Radiografía general del cuadro.

Existe en la composición final un cambio importante en la concepción de la iluminación de los personajes y la escena. En la radiografía, los puntos de iluminación más intensa están concebidos sobre el dios Vulcano y entre el primero y segundo cíclope. Posteriormente el primer foco de luz ha sido desplazado sobre el dios Apolo, inclusive colocándose una aureola y una ventana no previstas inicialmente, mientras que el segundo ha sido matizado colocando sobre él, el martillo que porta el cíclope.

Este último personaje también ha sufrido modificaciones en su contorno, sobre todo en el hombro y brazo derecho (Fig. 9). En la radiografía puede observarse que fue concebido con un pañuelo sobre su cabeza, muy similar al que presenta en la actualidad Vulcano. Los paños que cubren su cuerpo tienen en esta visión subyacente un desarrollo lateral derecho mucho mayor, haciéndose después más recogidos sobre su cuerpo.

El cíclope agachado en primer término presenta un ligero desplazamiento en su contorno de arriba hacia abajo, sobre todo en su brazo y mano derecha. La concepción de su cabeza también ha variado. La barba, en la ejecución final de la pintura, está más desarrollada, y el flequillo le cae sobre la frente que anteriormente se presentaba despejada y con el pelo sobre ella más alborotado.

La expresión final del cíclope realizado de perfil al fondo de la escena ha variado sensiblemente agudizando su asombro. La frente subyacemente aparece despejada con el cabello hacia atrás. El perfil ha sido ligeramente retocado, al igual que el contorno de su cuerpo.

El personaje masculino que aparece en el fondo tiene un menor contraste radiográfico que los demás, debido sin duda a la menor elaboración de la pintura en su realización.



Algunos detalles y objetos de la estancia carecen de contraste radiográfico, como se ha puesto de manifiesto al inicio del capítulo. Por ejemplo se pueden citar, el candil del fondo, la cadena sobre la chimenea, y otros que ya hemos narrado. Otros elementos, sin embargo, como pudieran ser los martillos del primer plano, han sido previstos desde un primer momento.

Hemos de concluir diciendo que todos los cambios que pueden ser estudiados en los documentos son debidos a la mano del pintor en el transcurso de la elaboración del cuadro.

### ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE PINTURA Y ESTRUCTURA DE LA OBRA <sup>8</sup>

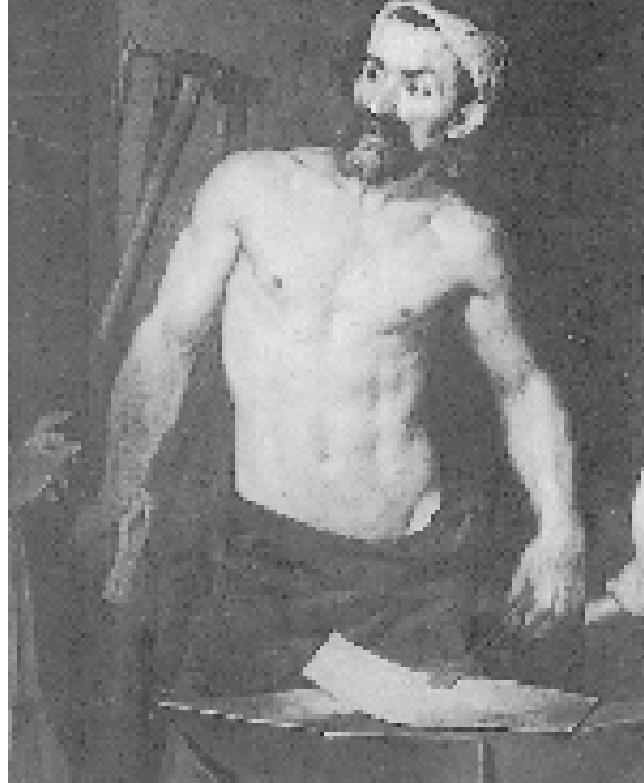
El soporte, sobre el que está realizada la obra, tiene unas dimensiones aproximadas de 223 x 290 cm. Se compone de cuatro trozos de lienzo; un gran rectángulo central en el que se desarrolla la escena ( $\approx 223 \times 257$  cm), dos tiras delgadas verticales a la izquierda (1.<sup>a</sup>  $\approx$  de 9,5 a 10,5 cm) (2.<sup>a</sup>  $\approx$  de 12 a 14 cm), y una tira delgada vertical en el lado derecho ( $\approx$  en la parte baja entre 11 y 13 cm, y en la parte alta  $\approx$  de 8 a 10 cm)<sup>9</sup>.

La naturaleza de estos lienzos y sus características se pueden resumir como sigue: (Ver cuadro 1)

La torsión de todas las fibras analizadas es Z y el color de los tejidos es crudo.

El cuadro se encuentra reentelado en su totalidad, estando el lienzo original muy a filo con el bastidor. Las bandas primeramente añadidas (1.<sup>a</sup> vertical de la izquierda y vertical de la derecha), tienen un tejido de trama muy abierta, siendo los hilos muy desiguales, y su materia constitutiva diferente al resto de los lienzos que forman el soporte. Entre sí estas dos tiras son iguales.

El estudio radiográfico pone de manifiesto diferencias marcadas en la densidad de la pintura del lienzo central y en la de las tiras

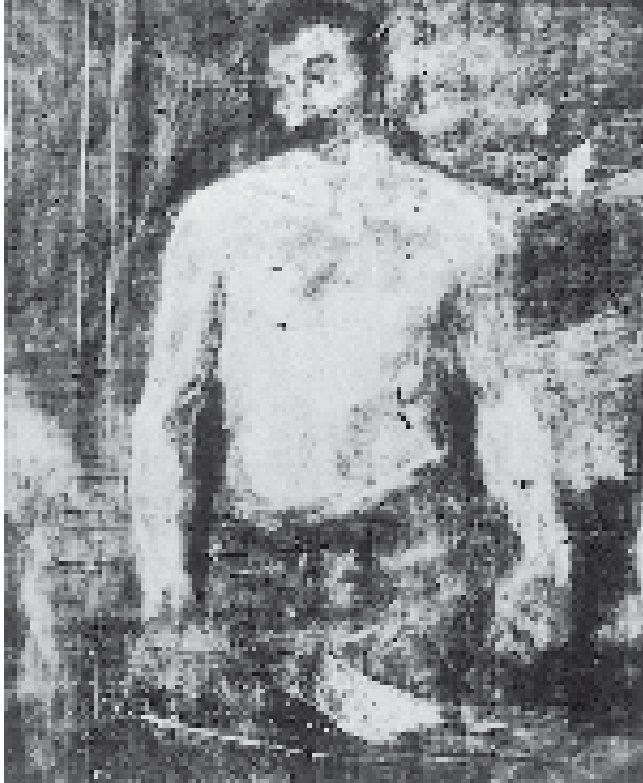


3. Detalle del Dios Vulcano. Luz visible.

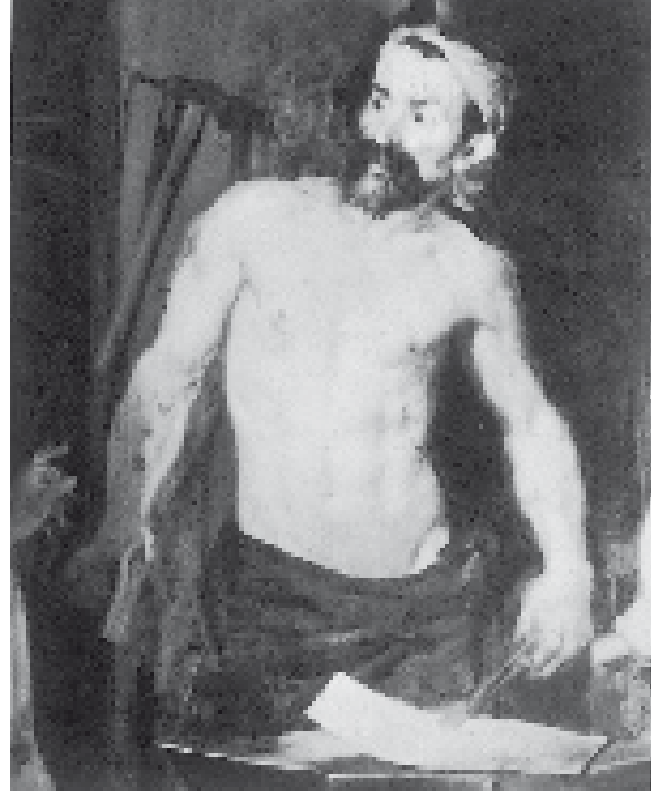
verticales. Los posteriores análisis de fibras así como los estudios de los materiales de pintura nos conducen a la conclusión de que las bandas lateral derecha y primera de la izquierda fueron añadidas en el mismo momento, mientras que la segunda de la izquierda lo fue en un momento posterior.

Los análisis químicos no nos permiten determinar cuánto tiempo ha transcurrido entre la acción de pintar el trozo central y las tiras laterales. En la radiografía se observa que la materia pictórica de la tira izquierda 1.<sup>a</sup> y la de la tira derecha es virtualmente invisible en la exposición utilizada, y que la de la tira izquierda 2.3 es igualmente invisible pero se muestra más opaca. La transparencia de las dos primeras a los rayos X debe explicarse por el empleo de una pintura menos espesa en las tiras que en el rectángulo central. La preparación de las diferentes partes es la siguiente: (Ver cuadro 2)

En algunas muestras de las efectuadas, puede observarse en la encoladura restos de pigmentos tales como la sombra el óxido de hierro y el blanco de plomo. Estos pudieran ir



4. Detalle del dios Vulcano con rayos X. Obsérvese la primera composición de esta figura realizada por Velázquez y totalmente diferente a la ejecución final, cuya densidad radiográfica es menor.



5. Detalle del dios Vulcano, con infrarrojos. Se puede ver la superposición de las dos figuras hechas por el pintor.

mezclados con la cola o bien ser fragmentos desprendidos de la capa de preparación.

En la preparación coloreada gris se pueden ver fragmentos angulares de calcita y granos esparcidos de dolomita  $[CaMg (CO_3)_2]$  mezclados en el blanco de plomo.

Solamente la banda lateral izquierda segunda muestra una capa de imprimación de color naranja de alrededor de  $40 \mu$ , cuya composición básica es el óxido de hierro naranja (Fig. 10-C.3). Las otras dos tiras muestran una estructura y una composición muy similar a las de la escena central (Fig. 10-B-2 y 3), en que no existe una capa de imprimación, sino una preparación coloreada.

El análisis de aglutinantes por métodos de tinción con reactivos específicos para la identificación de aceites y proteínas se ha efectuado en algunas secciones transversales<sup>10</sup>, revelando películas de proteína al fondo de la mayoría de las mismas, posiblemente debidas a los residuos de la encoladura sobre el lienzo. En la preparación se detecta aceite fundamentalmente, pudiendo tener mezcla de proteína, lo cual se justificaría a la vista de los minerales

carbonatados existentes en esta capa, que muy probablemente pueden ser fragmentos pulverizados de mármol, los cuales serían relativamente transparentes en un aglutinante de aceite puro. En el resto de las capas de color el aglutinante es oleaginoso.

En las micromuestras analizadas de la Fragua, se han podido identificar los siguientes pigmentos:

Rojo: bermellón de mercurio, laca orgánica roja, óxido de hierro.

Amarillo: amarillo de plomo y estaño, laca orgánica amarilla, óxido de hierro.

Azul: ultramarino de lapislázuli, azurita y esmalte.

Verde: tierra verde, verde compuesto de azurita y laca orgánica amarilla. Blanco: blanco de plomo y calcita. Negro: negro orgánico de carbón y negro orgánico de huesos.

Marrón: arcillas con óxido de hierro y manganeso (sombra).

El color es aplicado por lo general mediante una sola capa de espesor variable entre  $50$  y  $250 \mu$  sobre la preparación. A veces encon-



6. Cabeza del dios Apolo. Luz Visible

tramos una segunda, que puede corresponder a la superposición de algún elemento, por ejemplo en la figura 10-A-3 en la que puede verse cómo sobre la carnación se sitúa una capa que corresponde al paño que cubre al cíclope, de un espesor muy inferior, entre 20 y 30  $\mu$ . También puede este segundo estrato de color estar motivado por el realce de alguna tonalidad (Fig. 10-B-2) o por la intersección entre dos tonalidades (Fig. 10-C-I). En el primer caso se trata de una zona de luces en el manto de Apolo; en el segundo es la transición sobre la carnación del cíclope que está de espaldas y el paño que lo cubre. La materia de base del color es el blanco de plomo.

Mezcladas con los pigmentos colorantes se observan cantidades pequeñas de calcita en la mayoría de las muestras. Posiblemente pueda obedecer a que esta sustancia sea un componente del tipo del blanco de plomo

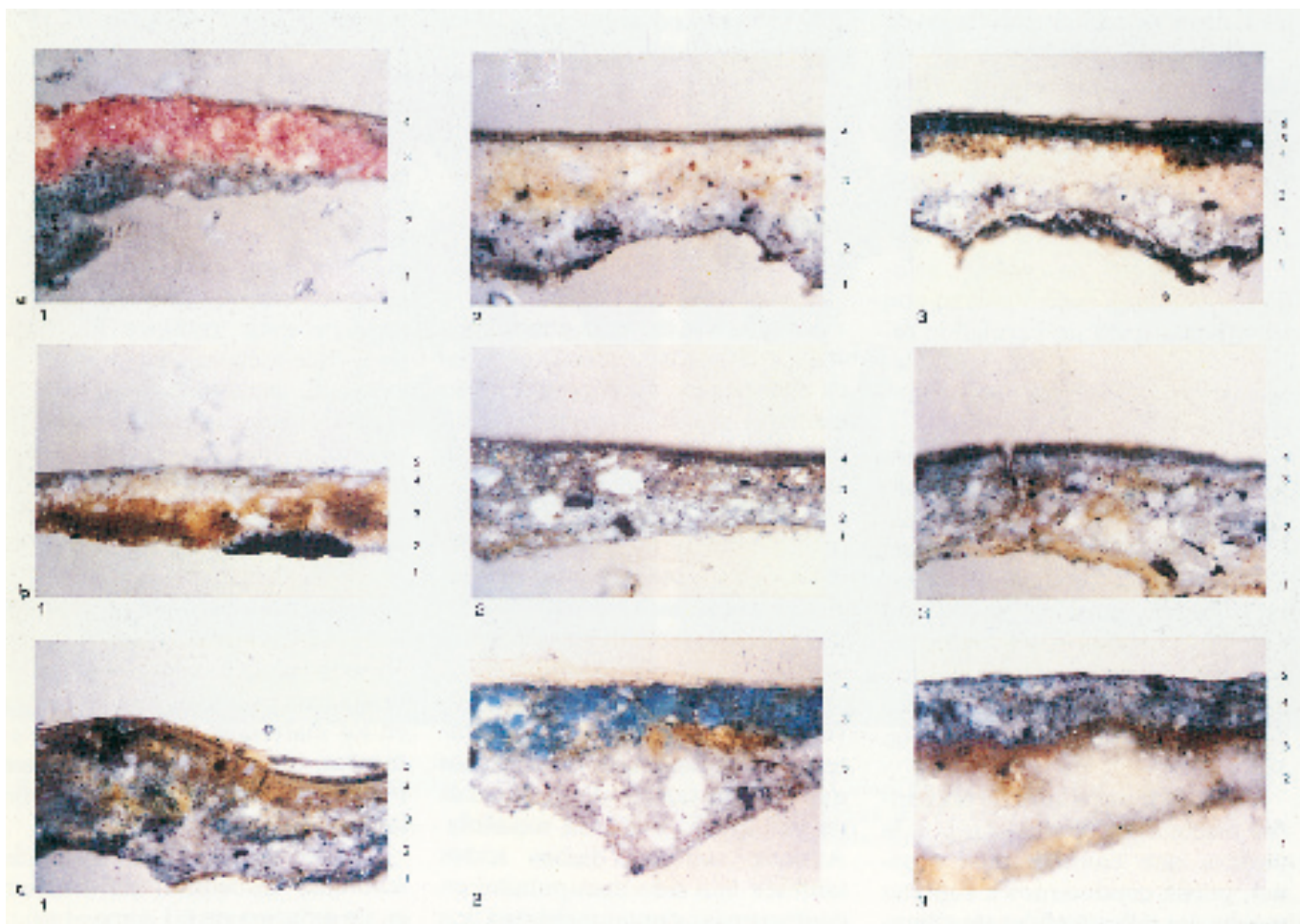


7. Cabeza del dios Apolo con rayos X. Nótese la rectificación del perfil y la falta de densidad radiográfica de la aureola del dios.

usado por Velázquez, pues en esta época existía un blanco de plomo que contenía un 25 por ciento de calcita. Este compuesto, que en los Países Bajos se llamaba lootwit ha sido identificado en varios cuadros de Rembrandt <sup>11</sup>. También existe la posibilidad de que Velázquez haya añadido la calcita a propósito para ajustar la densidad y la traslucidez de la pintura, práctica ésta que se ha observado en la obra de Chardin <sup>12</sup>.

Los análisis de las muestras tomadas han mostrado las siguientes características en la aplicación del color:

El fondo de la composición acusa capas delgadas del pigmento aplicado directamente encima del estrato de preparación. Una muestra superficial tomada en la esquina izquierda inferior pone de manifiesto la existencia de blanco de plomo, negro orgánico de carbón, y partículas de óxido de hierro rojo y amari-



10. A-1. Localización: naranja-rojo de la chapa incandescente sobre la fragua.  
 A-2. Localización: carnación: pie del cílope inclinado.  
 A-3. Localización: azul- oscuro: paño que cubre la cílope inclinado en primer término.  
 B-1. Localización: naranja: vestimenta del dios Apolo, zona original.  
 B-2. Localización: naranja: vestimenta del dios Apolo, primera banda añadida.  
 B-3. Localización: oscuro del fondo banda lateral derecha.  
 C-1. Localización: paños que cubren al cílope de espaldas  
 C-2. Localización: verde: corona de laurel de Apolo.  
 C-3. Localización: fondo banda izquierda segunda.  
 Fotografías realizadas con iluminación mixta (entre 40 y 60 x).

llo. El cielo, en la esquina izquierda superior se realizó mediante un estrato de esmalte y blanco de plomo, cubierto, por lo menos parcialmente, por una veladura tenue de lapislázuli de buena calidad. El examen de las partículas de esmalte en las secciones transversales del cielo, mediante el microscopio electrónico de barrido, indica que, además de los elementos esperados K, Si Y Co, el esmalte de este cuadro quizás contenga As, Fe y V <sup>13</sup>.

En el pie del cílope de espaldas se han mezclado, al igual que en otras carnaciones analizadas (Fig. 10-A-2 y 3), el blanco de plomo con pequeñas cantidades de negro de hueso, óxido de hierro rojo, calcita, bermellón de mercurio y azurita. Tanto en este cuadro como en otros del mismo pintor examinados por nosotros es frecuente la existencia de pigmento azul en la realización de las carnaciones.

El paño de Apolo, de color naranja brillante (Fig. 10-B-I), contiene blanco de plomo, calcita, una pequeña cantidad de óxido de hierro rojo, una laca orgánica roja y amarillo de plomo y estaño. La difracción de rayos-X indica que el amarillo de plomo y estaño es del "tipo 1" identificado por H. Kühn, con fórmula  $Pb_2SnO_4$ <sup>14</sup>. En el espectro de difracción también se identifica el óxido de estaño libre ( $SnO_2$ )<sup>15</sup>. En los paños sombreados se aprecia una laca roja, relativamente pura, aplicada en un estrato grueso. Los tiradores azules de la sandalia de Apolo contienen azurita, con cantidades menores de blanco de plomo, calcita, óxido de hierro amarillo, y algunas partículas de laca roja.

La corona de laurel de Apolo (Fig. 10-C-2) parece haber sido realizada con una mezcla de pigmentos. Se trata de un verde compuesto por la unión de la azurita y una laca orgánica amarilla con sustrato de calcita. La muestra indica que hoy la corona es sensiblemente azulada, porque el amarillo ha desaparecido. Aunque la imagen visible a simple vista parezca verde, este color de hoja en la actualidad resulta de la mezcla del azul con el aceite aglutinante y el barniz, que han amarilleado con el paso del tiempo. Al respecto, conviene hacer notar que Pacheco aconseja "ancora", que creemos que puede ser una laca amarilla, para añadir a la azurita y conseguir el verde. Hoy se sabe que el amarillo orgánico es una tinta fugaz que palidece, problema notorio en los cuadros barrocos holandeses y flamencos, en los cuales el compuesto de azurita con amarillo orgánico fue habitual<sup>16</sup>. A la vez que se reconoce que un azul de Velázquez puede haber sido un verde primitivamente, hay que tener presente también que existen otros verdes, no analizados, bien conservados en la obra del pintor<sup>17</sup>.

Una muestra del paño gris con que se cubre el cíclope que se agacha en primer

término al lado derecho, muestra la existencia en su elaboración del blanco de plomo, negro de carbón, óxido de hierro amarillo y pequeñas cantidades de bermellón de mercurio y de un azul pálido cuyas características microscópicas y cuya insolubilidad en ácido clorhídrico concentrado nos inducen a pensar que se trata de un tipo de tierra verde (Fig. 10-A-3).

La plancha de metal rojo anaranjado que coge Vulcano con las pinzas, acusa un bermellón relativamente puro ( $HgS$ ), probablemente de fabricación artificial<sup>18</sup> (Fig. 10-A-I).

La comparación de una muestra tomada en la vestidura de Apolo en la zona primeramente pintada (Fig. 10-b-I), con otra realizada sobre la primera banda añadida a la izquierda pone de manifiesto que la preparación de ambas es igual mientras que el color ha sido aplicado de distinta manera, pero con los mismos elementos (Fig. 10-b-2).

La similar estructura de las bandas primeramente añadidas con la pintura que consideramos original, puede conducirnos a suponer que hayan sido añadidas en el momento en que se ejecutan los cambios de composición, que al igual que la pintura de las bandas apenas tienen contraste radiográfico. La banda izquierda sobre la primera fue añadida en otro momento, su estructura es muy diferente a la del pintor<sup>18 bis</sup>.

Todas las muestras realizadas presentan una, dos y hasta tres capas de barnices resinosos en superficie.

Todos los pigmentos usados por Velázquez han sido descritos por los tratadistas españoles de los siglos XVII y XVIII. La falta de algunas materias colorantes tales como el cardenillo, oropimente, minio de plomo, malaquita, índigo o la tierra negra es curiosa, dada la frecuente mención que de ellas se hace, mención que en el siguiente apartado se comenta.

## DE LO ESCRITO Y LO PINTADO EN LA ÉPOCA DE VELÁZQUEZ TEORÍA Y PRÁCTICA

La relación entre la palabra escrita y el cuadro pintado siempre ha planteado cuestiones fundamentales y, a lo largo de los últimos treinta años, se han realizado excelentes trabajos sobre los tratados de Arte en la España barroca <sup>19</sup>. Pero hay un aspecto que ha recibido poca atención; las instrucciones físicas para ejecutar un cuadro, y la correspondencia entre las instrucciones y el cuadro mismo.

Se ha tendido a aceptar estas advertencias prácticas ingenuamente, como si fueran los documentos que reflejan realmente las técnicas de realización pictórica española. Aunque valiosos, dichos textos también han sido manipulados en controversias contemporáneas y a la vez se han ajustado a convencionalismos literarios. Como es bien sabido, en la contienda de los tratadistas del siglo XVII se observa que, mientras que antiguamente, al arte de la pintura se le había concedido un rango exagerado, la negación de esta valoración en España representó una injusticia evidente. Dentro de tal ambiente de inquietud artística, ni siquiera la materia prima logró permanecer ajena.

Empezamos las investigaciones de los pigmentos utilizados por Velázquez con una pregunta: ¿Han acertado Pacheco y Carducho, ambos contemporáneos del artista, al describir las materias velazqueñas en *El Arte de la pintura* y *Diálogos de la pintura*? La respuesta parece ser tanto “sí” como “no”.

Al relacionar lo escrito con lo pintado se presentan dificultades notorias. Primero hay problemas de vocabulario. ¿Qué pretendían sugerir los tratadistas al decir, por ejemplo, “invención” o “ingenio”? A pesar de haber consenso entre los eruditos sobre el significado de estos términos <sup>20</sup>, ¿cómo es posible asegurar la conexión de cualquier palabra con un cuadro real? y ¿cómo un cuadro específi-

co manifiesta “invención”? pues una palabra no es una pincelada. No intentamos aclarar estos conceptos abstractos aquí, sino sugerir un método para precisar el vocabulario en un caso concreto, para así establecer una relación típica entre la teoría y la práctica. Como caso concreto, vamos a centrarnos en los materiales, es decir, los pigmentos, porque de esta manera podemos comparar la palabra con la pintura.

Un pigmento es una sustancia colorante disuelta o pulverizada en un aglutinante tal como el aceite o la cola. Los pigmentos tienen propiedades físicas y químicas bien definidas y cada pigmento suele exigir un manejo específico. Sin reparar en la palabra utilizada para la laca roja, que es un color orgánico obtenido de una planta o de un insecto, sería difícil confundir una relación de cómo trabajar la laca roja con una descripción de cómo trabajar el bermellón, que es un compuesto orgánico de sulfuro de mercurio. En la mayoría de los casos, los autores dan información suficiente para hacer la identificación correcta, ya que casi siempre la nomenclatura antigua puede confirmarse. Así es posible determinar el vocabulario teórico.

En cuanto a la práctica, los pigmentos en el cuadro pueden analizarse, y por lo general, con pocas excepciones, identificarse. En el caso de los cuadros de Velázquez se han tomado numerosas muestras de varios cuadros <sup>21</sup> identificándose los pigmentos por medio de los análisis descritos arriba. El análisis de una sola obra, *La Fragua de Vulcano* sería de utilidad limitada dentro de la teoría en general. Preferimos por tanto comentar aquí los resultados de todas las obras analizadas.

Atentos al razonamiento de la deconstrucción y el postestructuralismo, somos conscientes de los riesgos filosóficos que entraña la “objetividad” y de la carga ideológica que conlleva. Pero para nuestros propósitos, la objetividad ha resultado ser ‘una ficción útil,



8. Detalle del Cíclope de espaldas. Luz visible.



9. Detalle del Cíclope de espaldas con rayos X. Se pueden ver las modificaciones en su contorno y en los paños que lo cubren, así como el pañuelo existente en la 1ª realización.

ya que el análisis ha permitido la comparación de lo escrito con lo realizado, con resultados a veces sorprendentes.

En el pasado se han publicado pocos análisis de pigmentos barrocos españoles, aunque en el ICR y en el Gabinete de Documentación técnica del Museo del Prado tienen acumulado un gran archivo de muestras <sup>22</sup>. En 1978 Hidalgo Brinquis preparó un estudio, muy útil para el conocimiento de los pigmentos al temple de la serie de Pacheco para la Casa de Pilatos en Sevilla <sup>23</sup>. Desde entonces, se han realizado pruebas de cuadros de Zurbarán, Antolínez y Murillo en el Cleveland Museum of Art, el Doerner Institut y la National Gallery en Washington <sup>24</sup>. Quizás porque la publicación de los pigmentos barrocos españoles no es muy extensa, hasta ahora no han aparecido datos que contradigan lo que encontramos en las pinturas de Velázquez <sup>25</sup>.

Carecemos de ejemplos de la etapa sevillana o del segundo viaje a Italia. A pesar de que las pruebas realizadas abarcan unos treinta años de su carrera, los "colores" de Velázquez han variado poco de un cuadro

a otro, incluyendo los realizados durante su residencia en Roma (1629-1631). Sería fácil deducir que esta constante es típica de la paleta velazqueña, pero lo más prudente es considerar tal idea como una hipótesis en vez de una presunción, porque Velázquez se ha mostrado versátil en otros aspectos de su modo de trabajar.

En los tratados europeos en general, se ha establecido que las secciones abstractas -las defensas de la pintura como arte liberal- fueron en parte reacciones a aspectos sociales y en parte formulaciones nuevas de convencionalismos literarios <sup>26</sup>. Pero creemos que cuando Pacheco o Carducho acometen la labor de describir los colores, los aceites y los pinceles, nos están regalando un documento real de la verdadera práctica de la pintura.

El cotejo de los pigmentos utilizados por Velázquez con los recomendados por los tratadistas, confirma nuestra fe en los autores, pero también indica que debemos afinar nuestra percepción de sus explicaciones. Ni Pacheco ni Carducho mencionan ningún pigmento como usado específicamente por

Velázquez y las comparaciones siguientes se derivan de los comentarios generales sobre los colores al óleo. Pacheco nombra y Velázquez utiliza los siguientes: albayalde (blanco de plomo), almagra (óxido de hierro rojo), bermellón (bermellón de mercurio y azufre), carmín (laca orgánica roja), ancorca (laca orgánica amarilla), genuli (amarillo de plomo y estaño), ocre (óxido de hierro amarillo), cenizas (azurita mineral), esmalte (vidrio de sílice y óxido de cobalto), ultramarino o ultramaro (ultramarino de lapislázuli)<sup>27</sup>, negro de carbón o negro de humo (negro orgánico vegetal), negro de hueso (negro orgánico animal), sombra (óxido de hierro hidratado con dióxido de manganeso) y espalto (un marrón bituminoso quizás tierra de Colonia, asfalto, o bistre de momia).

Velázquez también utiliza verde terra (mineral de tierra natural con silicato de hierro y otros compuestos) que Pacheco menciona solamente para la pintura al fresco o al temple, añadiendo yeso (calcita) como substrato adulterante, aunque Pacheco le da escasa mención. No utiliza seis de los colores aconsejados por su maestro: jalde (oropimente), añil (índigo), verde montaña (malaquita), azarcón (rojo de minio de plomo), albín (hematita mineral) y cardenillo o verdete (cardenillo de cobre). Carducho recomienda 15 de los 16 colores de Velázquez; omite el yeso y agrega verdacho y tierra negra.

En ciertos aspectos de la técnica, Velázquez dista bastante de su maestro, por ejemplo cuando pinta la Rendición de Breda sobre una imprimación de blanco puro, como si se tratase de un cuadro impresionista. Sería ingenuo esperar encontrar que Velázquez utilizara todos los pigmentos nombrados por Pacheco o Carducho, y sus desviaciones no han de considerarse necesariamente significativas.

No obstante, debemos detenernos en este punto y profundizar mediante un examen más atento. Algunos de los colores que no emplea Velázquez, como el oropimente, son descritos

como importantes. El comentario de Pacheco sobre el oropimente es el más largo sobre los amarillos, dos veces más largo que el comentario sobre el amarillo de plomo y estaño, utilizado por Velázquez a menudo. Asimismo Hidalgo Brinquis en su comparación del tratado de Pacheco con la obra pintada del mismo, descubrió que éste utilizó muchos menos pigmentos al temple de los que aconsejó<sup>29</sup>. Pacheco comenta otros pigmentos no utilizados por Velázquez, tales como el índigo, la malaquita, y el minio de plomo, como si fueran utilizados con frecuencia en España. Pero según los análisis de la paleta de Zurbarán, Antolínez y Murillo, Velázquez no fue el único en eliminar estos colores, así como la hematita de Pacheco y la tierra negra de Carducho<sup>30</sup>.

El reducido campo de nuestro experimento nos podía haber animado a considerar que análisis futuros sobre otras obras del pintor pudieran revelar la existencia de pigmentos como el oropimente, el Índigo, la malaquita, el minio de plomo, la hematita o la tierra negra. Sin embargo somos propensos a predecir que estos pigmentos no se encontrarán con gran frecuencia. Al preguntarnos porqué se han empeñado los autores en nombrar colores al parecer inusitados, se nos ocurren tres explicaciones posibles. Primero, estos pigmentos inusuales pueden haber recibido mayor atención debido a su propio valor intrínseco. Segundo, pudieron haber presentado problemas de manejo, tentando al escritor a demostrar su maestría solucionando los problemas, teóricamente al menos<sup>31</sup>. Tercero, y lo más probable, se pueden haber mencionado dichos pigmentos por su peso privilegiado al tratarse de ingredientes tradicionales en obras griegas, romanas e italianas y por haber sido comentados en la literatura anterior.

Las discrepancias entre los tratados y los lienzos, probablemente representa una mezcla de motivos por parte de los escritores. Como se ha observado, la mayoría de los



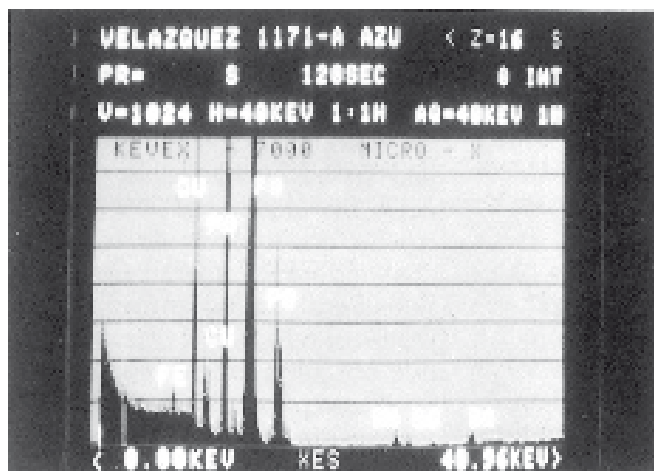
tratados son testimonios velados inventados para elevar al pintor de artesano a artista <sup>32</sup>. Pacheco y Carducho tienen que haber sido influidos por conceptos como los expresados por Gutiérrez de los Ríos en su Noticia general de 1600. Gutiérrez estaba intentando formular una filosofía estética que abarcara varias artes, entre ellas la pintura. Repitió el pensamiento anterior al declarar que una acción se convertía en arte cuando se la podía relacionar con un sistema de pautas. El arte requeriría “razón, reglas y estudio”, y representaría “una recopilación, y congregado de preceptos, y reglas, experimentadas, que ordenadamente encaminan a algún fin y uso bueno” <sup>33</sup>. Como ejemplo, Gutiérrez se hizo eco de la frase gastada que el hablar no es un arte, pero la retórica sí <sup>34</sup>.

Ya que Carducho y Pacheco, con sus citas interminables de pintores antiguos, se dedicaron a sembrar el árbol genealógico de la pintura, es lógico inferir que sería menester un árbol parecido para los materiales del arte. En Pacheco, Pablo de Céspedes, Carducho y Francisco de Holanda, descubrimos que Apeles utilizó las tierras rojas y amarillas <sup>35</sup>, que Miguel Ángel pintó con el ultramarino <sup>36</sup>, que Apolo prefirió el índigo <sup>37</sup> y que Dios usó el blanco de plomo <sup>38</sup>. De los colores inusitados, Plinio y Vitrubio habían comentado el oropimente, el índigo, la malaquita y la tierra negra <sup>39</sup>. Plinio también se había referido al rojo de plomo y a la hematita <sup>40</sup>. Y los autores italianos desde Cennino a Vasari y Lomazzo continuaron la descripción <sup>41</sup>. Pacheco se esforzó en asociar los colores grecorromanos con los españoles: silaciis Attico fue el ocre español <sup>42</sup>, sinopide Pontica, la almagra <sup>43</sup>; sandier, el azarcón <sup>44</sup>. Otros tratadistas también, como se ve en la mención que hace Felipe de Guevara sobre la creta verde de Vitruvio, “que se puede creer ser la verde tierra, que al presente usan” <sup>45</sup>. Aparte de la disputa sobre la pintura como arte liberal, el siglo XVII sentía una simpatía extravagante

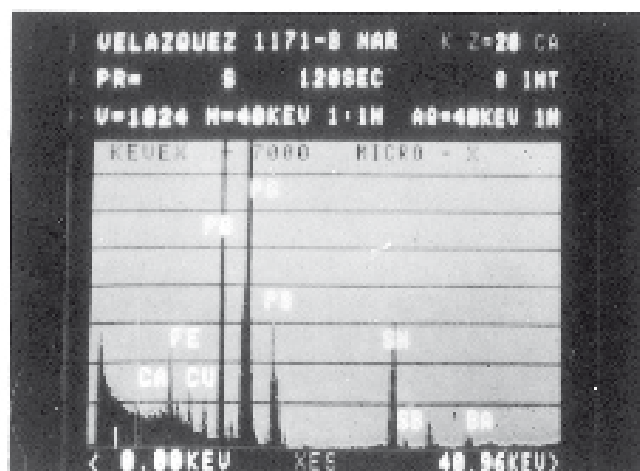
hacia la antigüedad, y dentro del debate, los pigmentos antiguos tendrían que ser bien citados para conferir legitimidad a la práctica contemporánea.

Cuando Pacheco presenta El arte de la pintura en 1641, lo llama “Antigüedad y Grandezas de la Pintura”, y en la impresión final de 1649, tomo I conserva este título. Las diferencias entre las listas de Pacheco y los pigmentos de Velázquez tendrían sentido si la sección que describe la práctica fuera proyectada como enciclopedia de la ciencia de los pigmentos además de un reportaje moderno sobre los colores españoles. Es decir, que la forma de los tratados imitó al precepto que debía gobernar al arte mismo, y este debió ser “una recopilación, y congregado”. Para conceder un nacimiento ilustre a la práctica contemporánea, un pigmento como el oropimente llegó a ser canónico en la paleta publicada. La mención ritual de los colores ortodoxos cumplió con los criterios de erudición, y simultáneamente, subrayó la estirpe hidalga de la pintura española al descender de una tradición autorizada.

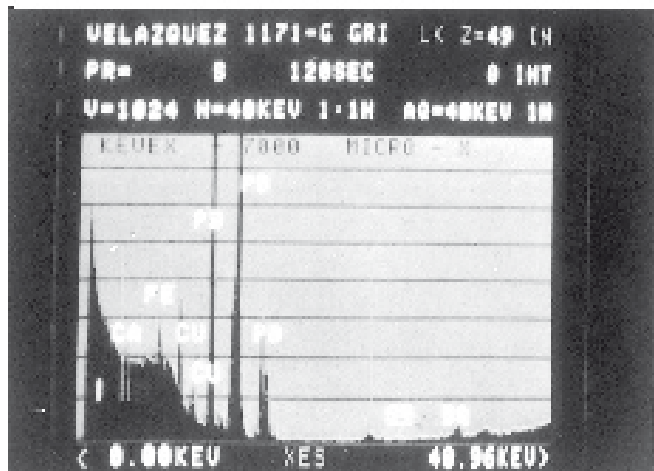
Aparte de los pigmentos, hay otros aspectos de la sección práctica de Pacheco que los hace representar algo más que simples manuales de instrucción. Por muy originales que sean algunos comentarios en el libro III, capítulos I-VIII, Pacheco se muestra antológico al extraer escritos romanos, italianos y españoles. En vista de la dificultad para distinguir la paráfrasis de la casi cita, sería inútil prestar demasiada atención a la materia derivada de una fuente tan fundamental como la obra del Cennino o Vasari. No obstante, en ocasiones hay que reconocer una deuda bastante marcada a la literatura previa. A veces es la organización del capítulo lo que delata a Pacheco, por ejemplo sus consejos para pintar en la pared o en el lienzo. En el Vasari, las instrucciones para preparar el lienzo van seguidos inmediatamente de las instrucciones para pintar en piedras <sup>46</sup>. En consecuencia,



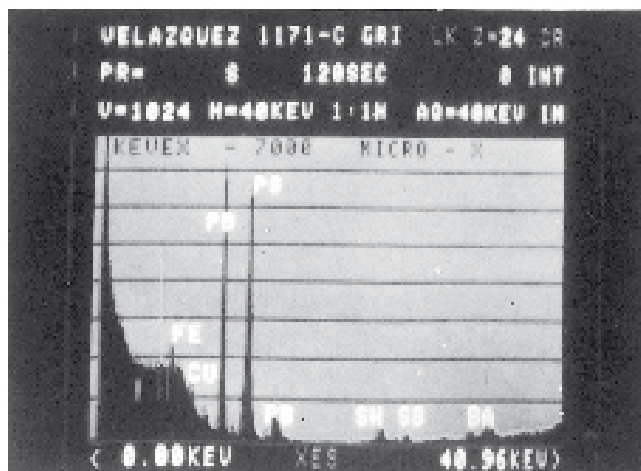
11. Espectros tomados con energía dispersiva de rayos-X. Azul de la sandalia del dios Apolo.



12. Espectro del naranja del manto del dios Apolo.



13. Espectro del gris de fondo de la banda lateral izquierda primeramente añadida.



14. Espectro del gris de fondo de la banda lateral izquierda añadida en segunda posición.

Pacheco interrumpe su preparación de lienzos para introducir una lección de pintura sobre piedra, y después sigue con los pigmentos para el lienzo<sup>47</sup>. En forma semejante, hay que suponer que la segunda parte del libro III, capítulo IV, sobre la pintura encáustica, ni siquiera existiría en Pacheco si no fuera porque Plinio ya habría consagrado varias páginas a ese procedimiento<sup>48</sup>.

Pero la originalidad de Pacheco, a veces impresionante, exige una aclaración de sus nexos con la literatura tradicional. A pesar de su deuda con Plinio, Cennino y Vasari, sus

observaciones frecuentemente son nuevas y atrevidas. Por ejemplo, coloca el azul de lapislázuli, este "colore nobile, bello, perfettissimo oltre a tucti i colori" de Cennino<sup>49</sup>, en oposición inferior<sup>50</sup>, para dedicar mayor atención a la azurita<sup>51</sup>. En esta sección, Pacheco facilita un sinfin de detalles sobre técnicas muy suyas, y con instrucciones detalladas para trabajar el carmín, indicando un conocimiento cabal de su manejo<sup>52</sup>. El hecho de que Pacheco haya extraído bastante de los tratados anteriores no disminuye su contribución original a nuestro conocimiento en cuanto a moler, mezclar y

trabajar los colores, y muchos de sus consejos resultan sumamente detallados, aportando datos inesperados sobre la historia de los pigmentos europeos.

Pero el uso de Pacheco como referencia para la pintura española, requiere la distinción entre su clasificación de costumbres anteriores y su documentación de la práctica barroca. Hasta que no se disponga de una estrategia mejor, sugerimos prestar atención a la gramática. El menos elegante de los escritores, Pacheco, ha dejado un enredo de cambios de persona. Por ejemplo, habla del oropimente en la tercera persona: "Suelen algunos valerse del jalde u oropimente para los amarillos finos a olio; búscase el más subido de color, el cual se muele muy bien a l'agua y se pone a secar"; mientras describe el genuli en la primera persona: "Yo gasto genuli (por buena suerte) que dexa atrás el color del major jalde en viveza y hermosura venciéndole en seguridad"<sup>53</sup>. Con la exclusión del cardenillo, todos los pigmentos mencionados por Pacheco, pero no utilizados por Velázquez, son utilizados por "algunos", "otros", o "ellos" y hay que acordarse de que el cardenillo ha sido encontrado en otros cuadros barrocos<sup>54</sup>.

Velázquez no añadió más que un solo color a la lista expresada en la primera persona: la tierra verde. Por medio de su prosa desgarrada, Pacheco logró transmitir toda la sabiduría antigua y precisar, discretamente, sus propios colores.

La insistencia en el árbol genealógico de un pigmento debe explicar la costumbre de echar con cajas destempladas a la calcita, un adulterante frecuente en la práctica española, pero una sustancia cuyos antecedentes deben buscarse más bien en el norte que en el Mediterráneo. Se encuentran cantidades pequeñas de calcita en muchos de los colores de Velázquez, y se la identificó también en Zurbarán y Murillo<sup>55</sup>. La conexión de los materiales españoles con los neerlandeses ha sido poco estudiada, pero se sospecha que

esta preferencia española por escribir a lo italiano y pintar a lo flamenco es digno de notar, ya que en general los pigmentos de Velázquez se parecen más a los de Rembrandt que a los descritos por los tratadistas italianos<sup>56</sup>. Naturalmente el peso de este parecido con los neerlandeses quedará incierto hasta que no tengamos más datos sobre los colores utilizados por los pintores barrocos italianos, porque ahora no sabemos si los pigmentos dispersos por toda Europa pudieran ser parecidos durante el siglo XVII.

Vale la pena señalar que Palomino, por mucho que incorpore el comentario tradicional, nos da una relación bastante realista de la paleta española. Al escribir unos cuarenta años después de la muerte de Velázquez, menciona la calcita con frecuencia, y también nombra colores que deben ser "desterrados de la paleta", y estos coinciden con los evitados por Velázquez. Quiere eliminar el oropimente, la malaquita y el minio de plomo y se muestra ambivalente en cuanto al añil, por ser éste un pigmento mudable<sup>57</sup>. La lista negra de Palomino no representa la apología perfecta para la paleta velazqueña, porque Palomino prescindiría de la azurita, pero sus recomendaciones son más acertadas que las listas arcaizantes de Pacheco y Carducho. Es notorio que las prácticas de una generación no se incorporen a la teoría hasta la generación siguiente, y si tal axioma vale, debiéramos esperar a que una investigación de la crítica del siglo XVIII nos ofrezca un conocimiento más profundo de las prácticas del XVII.

En resumen, la cuestión de la teoría y la práctica indica que la exposición de la "práctica" en los tratados contiene una buena dosis de la "teoría", aunque también muchas descripciones realistas. Teniendo presente la inesperada carga teórica de las descripciones físicas, aquí, la final, vamos a volver la atención a dos breves comentarios sobre la técnica de Velázquez. Entre sus pigmentos Velázquez no introdujo sustancias químicas

nuevas, y no aparece ningún pigmento que ya no estuviera nombrado. Sin embargo, en su manipulación de los pigmentos, se mostró un pintor ingenioso en un momento en que las novedades eran incontables a través de Europa. Una de las discrepancias más notables de los comentaristas es su tendencia a restar crédito a las innovaciones velazqueñas mediante la omisión. No hemos encontrado ninguna frase que aluda a la invención de dibujar con lápiz encima de (y no debajo de) la capa final de pigmento, como un pintor del siglo XX *avant la lettre* <sup>58</sup>.

Tampoco se comenta su preparación de blanco puro, ni su pigmento sumamente diluido, que a veces deja correr por el lienzo. Por un lado hay este silencio de los tratadistas. Por el otro, hay indicaciones de que los pocos instrumentos y procedimientos que merecen mención son percibidos dentro de las figuras retóricas de la literatura de arte.

Empecemos por lo obvio y ya reconocido. Hay un notable convencionalismo descriptivo cuando se alude al Tiziano como precursor de Velázquez. El prestigio de Tiziano en la España del siglo XVII ha sido comentado decisivamente por Pérez Sánchez <sup>59</sup>, Y su relación con Velázquez es más complicada de lo que se puede relatar aquí. Como atestigua la colección del Tiziano hoy en el Museo del Prado, éste fue el pintor predilecto de la dinastía de los Habsburgos, y al otorgársele un título nobiliario logró convertirle en un artista de éxito mítico ante los ojos de los teóricos. Entonces, cuando Pacheco dice de un retrato de Velázquez que está “pintado con la manera del gran Tiziano y (si es lícito hablar así) no inferior a sus cabezas” <sup>60</sup>, en realidad rinde tributo “standard” a Velázquez. Por mucho que el Tiziano haya servido como inspiración verdadera para Velázquez, la deferencia a su reputación fue de rigor. Se le cita repetidas veces como el colorista más ilustre, el retratista más genial, el inventor más notable de la pincelada suelta. Repasando las biografías

artísticas españolas, a veces parece que los pintores que crean “cabezas con la manera del gran Tiziano” han sido una verdadera multitud. Sería difícil encontrar otro artista, español o extranjero, que se cite con tanta frecuencia como medida del valor artístico. Que las comparaciones de Velázquez con Tiziano son más bien convencionales que descriptivas, está ya comprobado por las secciones transversales. Una sección de la “Rendición de Breda”, obra superficialmente influida por Tiziano, revela que la estructura de las capas de pigmento en realidad se asemeja más a Tintoretto o Veronese, aunque los tratadistas enlacen a esos pintores con Velázquez con menos insistencia.

Los varios aspectos de la técnica tizianesca y las disputas que generaron podría ser tema de otro trabajo y, según Pérez Sánchez, “Borroneos de Tiziano” vino a ser casi un tópico” <sup>62</sup>. Pero nos limitaremos aquí a comentar dos alusiones a los pinceles y a la pincelada velazqueña, porque creemos que estas referencias representan más que una simple documentación de la práctica. Al describir los retratos romanos de Velázquez, Palomino comenta que “todos estos retratos pintó con astas largas, y con la manera valiente del gran Tiziano” <sup>63</sup>. Se oye el eco de una descripción anterior. Vargas había relatado que los pinceles de Tiziano eran “tan grandes como unas varillas de abedul” <sup>64</sup>, Y Fray Jerónimo de San José contó que Tiziano “inventó aquel otro (modo) tan extraño y subido de pintar a golpes de pincel grosero...” <sup>65</sup>.

Estos comentarios introducen un tópico aún más antiguo y más fundamental para la teoría del XVII, y hay que repasar otra cita de Palomino. Hablando del retrato de Pulido Pareja de Velázquez, dice, “hízole con pinceles, y brochas, que tenía de astas largas, de que usaba algunas veces, para pintar con mayor distancia, y valentía; de suerte, que de cerca no se comprendía, y de lejos es un milagro” <sup>66</sup>. Al decir que “de cerca no se comprendía, y de

lejos es un milagro”, hace resonancia de una fórmula doctrinal para la defensa de la pintura como arte liberal, fórmula que equipara la poesía con la pintura. En un símil famoso de la *Ars Poetica*, Horacio había declarado que “un poema es como una pintura; uno le complace más, lo más cerca que se pone, y otro, lo más lejos”<sup>67</sup>. El concepto de cerca/lejos se integró bien a la literatura europea y no es de extrañar que Vasari diga de los golpes de pincel de Tiziano que “de cerca no se pueden ver, y de lejos parecen perfectos”<sup>68</sup>. Como lugar común aparece en toda la literatura del siglo de oro.

Como en el caso de los pigmentos, el testimonio del tratadista, que puede haber sido valedero, también puede haber contenido un elemento de rito, de uso de Tiziano o de la expresión literaria; para legitimar la práctica de Velázquez. No hay nada más difícil que evaluar un comentario cuya intención es hacer propaganda, pero que puede describir la verdad. De hecho, los cuadros de Velázquez se perciben mejor “de lejos”, y los pinceles “de astas largas” deben haberle dejado retirarse del lienzo para mejor confeccionar esta imagen borrosa. Sea lo que fuere, aquí Tiziano hace el mismo papel para la técnica de Velázquez que Plinio o Vasari para el pigmento a la vez una fuente verdadera y una justificación teórica. Y si la relación de la técnica de Velázquez con la del Tiziano, al igual que la relación de sus colores con los descritos por los tratadistas antiguos, tiene un hilo de continuidad, el escritor convirtió este hilo en cable de salvamento, atando al pintor español a un pasado más ilustre.

Puesto que los convencionalismos clásicos ayudaron a crear una costumbre mental que se permitió percibir la pincelada como elemento digno de atención literaria, esta misma convención cohibía cualquier descripción más

amplia de otra técnica como la de dibujar con lápiz sobre el pigmento.

Cuando las invenciones de Velázquez no son comentadas, el silencio nos sugiere que su excentricidad las ha hecho inaplicables; es decir, que carecen de utilidad dentro del vocabulario de la crítica contemporánea. Efectivamente, si por “vocabulario” entendemos el repertorio de ideas, puede darse que no había ningún vocabulario adecuado para tratarlas. Ya que la validez artística de un procedimiento se aseguraba a través de su relación con reglas preconcebidas, pues los desvíos velazqueños no se acomodaron al discurso pictórico.

Había que esperar hasta el siglo XIX, con la revisión notoria de la teoría tradicional, para que las manipulaciones de Velázquez sedujeran a los impresionistas y logaran publicación por historiadores como Beruete y Stevenson<sup>69</sup>, cuyo dogma nuevo glorificó la factura. Y ahora al final del siglo XX, los convencionalismos específicos han cambiado, pero no la propensión a pensar dentro de lo convencional. Al pensar en los pigmentos concedemos que en realidad la teoría de Pacheco y la práctica de Velázquez se parecen: de los 24 colores de Pacheco, Velázquez utiliza 16. Pero somos herederos de las normas disciplinarias de la historia del arte que aprecia la aberración romántica más que la conformidad con lo usual. Además, estamos trabajando dentro de la metodología científica, tropo ubicuo de nuestro siglo, cuya costumbre de distinguir lo normativo de lo no normativo es obsesivo. Así es que usamos el análisis químico al servicio de la preferencia sentimental y por consecuencia nos parece que uno de los aspectos más fascinantes de las prácticas de Velázquez fue su desviación de la teoría autorizada de su tiempo. ■

	Preparación		Bandas		Medidas	
	Ente		Distancia		Ejes	
	Tema	Tema	Tema	Tema	Vertical	Horizontal
Central	1	1	línea	línea	13-15	17-19
Banda lateral derecha y Banda lateral izquierda 1.ª	1	1	cañamo	cañamo	9-11	9-8
Banda lateral izquierda 2.ª	1	1	línea	línea	16-17	14-15
Perforación	1	1	línea	línea	14	14

CUADRO 1

	Central	Bandas principalmente sin (o casi) lig. de J.P.P.	Banda lateral (lig. de C.P.)
Facolección	Cola animal: 75-100 $\mu$ .	Cola animal: 20-30 $\mu$ .	Cola animal: 40-80 $\mu$ .
Preparación	Colorada: Gris  Blanco de plumo más negro de origen orgánico 70-150 $\mu$ .	Colorada: Gris.  Blanco de plumo más negro de origen orgánico 70-100 $\mu$ .	Blanca:  Principalmente blanco de plumo: 150 $\mu$ .

CUADRO 2

## NOTAS

1 HARRIS, E.: G. B. Crescenzi. Velázquez and the "Italianos" for the Buen Retiro. "Burlington Magazine", núm. 122, pp. 562-564.

LÓPEZ REY, J.: Velázquez the artist as a maker. 1980, núm. 44, p. 289.

2 LÓPEZ REY, J.: Velázquez. A Catalogue raisonné of his oeuvre, 1963, núm. 68. Cita anterior, 1980, núm. 44.

3 LÓPEZ REY, J.: 1963, núm. 68; 1980, núm. 44. (1630).

PÉREZ SÁNCHEZ, A. E.: Velázquez. Milán 1980, núm. 12. (1630-1631).

HARRIS, E.: Velázquez. Oxford 1982, num. 80. (1630).

PALOMINO: El Museo pictórico y escala óptica. Madrid 1715-1724. Véase la impresión de Aguilar, Madrid 1947, p. 903. 4 Han sido muchos los escritos vertidos sobre el tema mitológico del cuadro, estudiando sus relaciones con la literatura clásica, metamorfosis de Ovíllo, Eneida de Virgilio, etc. dada la gran colección de libros de mitología existentes en la biblioteca del pintor. También han sido estudiadas las influencias de otros pintores en Velázquez y concretamente en la ejecución de este cuadro, tales como El Greco (Diego Angulo) en la posición de los cíclopes, Pollaiuolo "Batalla de los desnudos", Tintoretto "Vulcano" (Tolnay), así como la relación con diferentes grabados y esculturas clásicas. Ver por ejemplo:

SEBASTIÁN, S.: La lectura iconográfica-iconológica de la "Fragua de Vulcano" "Traza y Baza. Homenaje a Don Diego Angulo", núm. 8, pp. 20-27. Se recoge una amplia bibliografía sobre el tema.

ANGULO IÑÍGUEZ, D.: "La fabula de Vulcano, Venus y Marte" y "La Fragua" de Velázquez. "A.E.A.", XXXIII, 1960, pp. 149-181.

TOLNAY, CH. DE: Las pinturas mitológicas de Velázquez. "A.E.A.", núm. 133-6, 1961, p. 33.

5 SEBASTIÁN, S.: Op. cit., núm. 4.

6 Material Kodak X-Omat, triple film 30 x 30, radiado con técnica de gran formato. Condiciones de trabajo: 20 Kv, 15 mA, 4 mn a 2 mt y 1/2 de distancia. Revelado automático.

7 Las fotografías infrarrojas han sido realizadas por Andrew Davidhazy, profesor de fotografía instrumental (Rochester Institute of Technology, New York). Características: Kodak Speed Infrared de tamaño 8 x 10 pulgadas con un filtro Wratten 87C La película tiene sensibilidad hasta 900 nanómetros y el filtro tiene una transmisión del 1 por ciento a los 780 nm. De esta manera la fotografía fue hecha en una banda que extiende más o menos de los 800 a los 900 nm.

8 Fueron tomadas diversas muestras del cuadro para la

realización de las secciones transversales y minuciosos raspados del color. Todas las muestras en polvo y algunos estratos aislados de varias de las secciones transversales se han examinado con un microscopio con luz polarizante, y tamaño, estas últimas mediante un microscopio electrónico de barrido y con un microscopio con iluminación. Las principales fases cristalinas se han identificado por difracción de rayos X y los elementos mayores y menores han sido determinados con un microscopio electrónico de barrido por espectrometría de rayos X en dispersión de energía.

Es difícil hacer excesivas precisiones sobre dimensiones y otros detalles de las telas, ya que se encuentra forrado y, además, las grandes dimensiones del cuadro no han hecho posible el poder desmontarlo del bastidor. La tela original puede estar colocada en el sentido inverso al de su fabricación si nos atenemos a las medidas de su reducción.

En los inventarios reales del siglo XVIII aparece el cuadro con las dimensiones variadas, por lo que López Rey sugiere que pueden haber sido colocadas entonces. LÓPEZ REY, J.: Velázquez. The Artist as Maker. Lausanne 1979, p. 291.

Por otra parte es sugerido habitualmente, y desde hace algún tiempo, que con las tiras la representación de la Fragua se hace algo dieciochesca. Ver López Rey párrafo anterior.

10 Hemos utilizado Coomassie Brilliant Blue G-250 (Eastman Kodak Co.) y Sudan Black B (Fisher Scientific Co.) según el método descrito por M. Johnson y E. Packard, "Methods used for the identification of binding media in Italian paintings of the fifteenth and sixteenth centuries", Studies in Conservation XVI, 1971, pp. 145-64.

11 Véase A. B. de Vries et. al., Rembrandt in the Mauritshuis, Alphen aan den Rijn 1978, apéndice 212. La cantidad de calcita en la imprimación gris de La Fragua de Vulcano se aproxima a la cantidad presente en los estratos subyacentes de los cuadros de Rembrandt.

12 La calcita (CaCO<sub>3</sub>) tiene poco poder cubriente en un aglutinante de aceite, y su presencia aumenta la translucidez del pigmento. La calcita también altera la consistencia de la pintura; se ha comentado el aprovechamiento de estas propiedades de aspecto y manejo en los cuadros de Chardin (R. Merrill, "A Step toward Revising our Perception of Chardin", Preprints of papers presented at the ninth annual meeting (American Institute of Conservation, 1981, pp. 123-28). Cabe suponer que a Velázquez le interesarían semejantes efectos. La calcita está presente en suficiente cantidad para haber creado una ilusión de translucidez de la

preparación y también las cantidades menores de calcita en las otras muestras habrán alterado la fluidez de la pintura.

13 MÜHLETHALER, B. y THISEN, J.: "Smalt", *Studies in Conservation* XIV, 1969, pp 47-61. Véase también J. Riederer "Die Smalt", *Deutsche Farben-Zeitschrift* IX, 1968, pp-386-95.

14 Kunh, H.: "Lead-Tin Yellow", *Studies in Conservation* XIII, 1968, pp. 7-33.

15 El óxido de estaño libre aparece a menudo en el amarillo de plomo y estaño. Consiste en un compuesto blanco (equivalente al mineral casiterita, con índice de refracción de 2.00) y sirve para hacer más pálido al amarillo.

16 Pacheco recomienda la combinación de cenizas con ancorca o genuli (véanse las notas 16, 13, 14 en la relación de "Teoría"). Recuerda el pink de Norgate, que también se solía mezclar con el azul para hacer un verde (R. Harley, *Artists' Pigments c. /600-1835*. Londres 1970, p. 98). El amarillo orgánico se añadía al azul de esmalte o verditer en los cuadros de Rubens (R. L. Felér, "Rubens's The Gerbier Family: Technical Examination of the Pigments and Paint Layers". *Studies in the History of Art* (National Gallery, Washington, 1973, p. 59). Es probable que los amarillos orgánicos de Rubens también fueran poco estables. H. Hiler (Notes on the Technique of Painting, (Londres 1934), Nueva York 1969, p. 137) indicó que "Hay un baúl en el Museo de Amberes que contiene los colores en polvo usados por Rubens la laca amarilla palidecida casi por completo". Parece que Vermeer emplea una laca orgánica amarilla en su "Mujer con la balanza" [Kuhn, "A Study of the Pigments and Grounds Used by Jan Vermeer", *Report and Studies in the History of Art* (National Gallery, Washington) 1968, pp. 161 y 191) aunque si tal pigmento hubiera sido el amarillo de la India ("Indian Yellow"), debe haber sido bastante permanente. También Rembrandt utiliza una laca amarilla en su Retrato de Hendrickje Stoffels (c. Brown y J. Plesters, "Rembrandt's portrait of Hendrickje Stoffels", *Apollo*, núm. 188, 1977, pp. 286-91).

17 SONNENBURG, H VON: "Zür Maltechnik Murillos", *Maltechnik*, núm. 1, 1982, p. 19.

KÜHN, H.: "Verdigris and Copper Resinate", *Studies in Conservation* XV, 1970, p. 28.

En otros pintores tales como Murillo y Coello han sido determinados otros tipos de verde, como el cardenillo de cobre. También puede tratarse de una mezcla de azul con un pigmento amarillo inorgánico, o tal vez sea la tierra verde.

18 GETTENS, R. J.; FELLER, R. L.; CHASE, W. T.: "Vermilion and Cinnabar", *Studies in Conservation* XVII. 1972, pp. 47-61.

18 bis En los espectros figs. 11, 12, 13 y 14 se puede

ver la diferencia de la composición. En los tres primeros es bastante similar básicamente con las diferencias propias del tonó analizado. En la 14, que corresponde a la tira izquierda segunda el plomo es menos abundante, al igual que el cobre y el Fe.

19 Para El arte de la pintura de Pacheco F., Sevilla, 1649, véase la edición de SANCHEZ CANTÓN, F. J. Madrid, 1956. Para Diálogos de la pintura de Carducho V. Madrid, 1633, véase el excelente estudio y reimpresión de CALVO SERRALLER. F., Madrid 1979.

Para El Museo pictórico y escala óptica de Palomino. Madrid 1715-1724 véase la impresión Aguilar, Madrid 1974.

Otros importantes estudios son: GARCÍA SAUNERO, F.: *Léxico de alarifés*. Madrid 1968; GAYA NUÑO, J. A.: *Historia de la crítica de arte en España*. Madrid 1975. 33-58 Y 91-138; LEÓN TELLO. F. J. y SANZ SANZ, M. M. V: *La teoría española en la pintura en el siglo XVIII + el tratado de Palamino*. Valencia 1979; CALVO SERRALLER. F.: *La teoría de la pintura del siglo de oro*. Madrid 1981. Hay información general sobre los tratados españoles en la versión española reciente de SCHLOSSER, I.: *La literatura artística*. Madrid, 1976, traducida por BONET CORREA. A., quien añade bibliografía sobre cada escritor. .

20 Véase LEE, R. W.: *Ut pictura poesis. The Humanistic Theory of Painting*. New York, 1967.

21 Felipe IV (nº 1182), Felipe IV (nº 1183), La Fragua de Vulcano (nº 1171), La Rendición de Breda (nº 1172), Retrato de un enano ("El Primo Don Diego de Acedo") (nº 120), Las Meninas (nº 1174).

22 En la actualidad se están estudiando otros cuadros de Velázquez: El Príncipe Baltasar Carlos (nº 1189), Esopo (nº 1206), El Dios Marte (nº 1208).

23 HIDALGO BRINQUIS, M. c.: *La Pintura al temple en Francisco Pacheco*. Memoria de licenciatura. Universidad Complutense, Madrid 1978. Le estamos agradecidos por su amable colaboración al compartir su material inédito con nosotros.

24 Véanse VÉLIZ, 1981 y VON SONNENBURG. 1982. Nota 4. Quisiéramos agradecerle a Bárbara Miller del Analytical Laboratory de la National Gallery por habernos facilitado su análisis inédito de Mujeres en la ventana de Murillo.

VÉLIZ, Z.: A Paimas technique: Zurbaran's Holy Hollse of Nazaret "Bulletin of the Cleveland Museum of Art", núm. 8, 1981, p. 278.

25 Posiblemente se encontrará el cardenillo en los cuadros no examinados ya que se encuentra en otras obras españolas de la época. También se espera encontrar el minio de plomo, pero como secante en vez de color.

26 SANCHEZ CANTÓN, F. I., 1956 Y CALVO SERRALLER, F., 1979, comentan este fenómeno. HIDALGO



BRINQUIS, 14-28, también subraya la deuda de Pacheco a la literatura anterior.

27 Pacheco se contradice declarando en una página que el ultramarino “ni se usa en España, ni tienen pintores della caudal para usarlo”. II, 84, pero aconsejando en otra que “los azules bañados no los apruebo, si no es con ultramarino”, II, 86.

28 PACHECO, F. 11, 80-81, comenta el oropimente. Describe el genuli en el 81-82.

29 HIDALGO BRINQUIS. M. C 165-68.

30 Véanse VÉLIZ, 1981,278 Y VON SONNENBURG. 1982. Nota 7.

31 Estas tesis serán comentadas en el libro sobre Velázquez que tenemos en prensa con Yale University Press.

32 Véanse MENÉNDEZ y PELAYO II, 402 y GALLEGU. J.: El pintor de artesano a artista. Granada 1976. Otros ensayos son: CURTIUS. E. R.: Calderon's Theory of Art and the Artes Liberales. En “European Literature and the Latin Middle Ages”, 1953, 559-83.

LAFUENTE FERRARI. E.: Borrascas de la pintura y triunfo de su excelencia. Nuevos datos para la historia del pleito de la ingenuidad del arte de la pintura. Archivo Español de Arte, XVIII 1944, 77-103; KUBLER, G.: Vicente Carducho's Allegories of Painting. “Art Bulletin”, XLVII, 1965, 445; Volk, M. C.: On Velazquez and the Liberal Arts. “Art Bulletin” LX, 1978, 69-86; CALVO SERRALLER. 1979; GAYA NUÑO. 1975; LEÓN TELLO, Y SANZ SANZ. 1978; CALVO SERRALLER, 1981.

33 GUTIÉRREZ DE LOS RÍOS, G.: Noticia general para la estimación de las artes. Madrid 1600, 15-16, 22. Véase JUAN DE BUTRON: Discursos apologeticos en que se defiende la ingenuidad del arte de la pintura. Madrid 1626, quien declara bajo Arte en su índice, que “consta de principios ciertos”.

34 GUTIÉRREZ. 22.

35 PACHECO. II, 17. En su traducción de Vitruvio, Miguel de Urrea comenta el almagre cuando describe los colores de ocre. De arquitectura, dividido en diez libros. Alcalá de Henares 1582, libro 7, cap. 7.

36 PACHECO. 11, 36.

37 CARDUCHO. 178.

38 DE HOLANDA, F.: De la pintura antigua. (1548, traducido por Manuel Denis en 1563), 1921, 19: “Ansí, que dijo Dios: “Hágase la luz” y el albayalde para esta obra fue hecho”. Se le acredita a Dios también el emplear el esmalte para adornar el cielo (Pacheco 1, 28).

38 PLINIO. Historia Naturalis. Libro XXXV y XXXVII. VITRUVIO. De architectura libris decem. Libro VII, caps. 7-14.

40 PLINIO. Libro XXXVII.

41 CENNINI, C: 11 libro dell'arte. (c. 1390); VASARI, G.: Le vite (1550 y 1568); LOMAZZO. G.: Trattato

dell'Arte della Pittura. (1584).

42 PACHECO. n, 17.

43 PACHECO. n, 17.

44 PACHECO. n, 18.

45 GUEVARA. 89.

46 VASARI. ed. por BETTARINI. R. Verona 1966, 1,135-36.

47 PACHECO. n. 75-76.

48 PACHECO. II, 68-69; PLINIO. Libro XXXV; GUEVARA, F. 60, implica que la encáustica no se practica en la pintura española diciendo: “Seria bueno atinase hoy este género, que podría servir para muchos usos”.

49 CENNINI. ed. por THOMPSON. D. New Haven 1932,34.

50 PACHECO. n, 84. Cuando declara que el ultramarino “ni se usa en España, ni tienen los pintores della caudal para usarlo”.

51 PACHECO. II, 84-87. 52 PACHECO. n, 83-84. 53

PACHECO. n, 81-82. 54 KÜHN. Verdigris. 28; VON SONNENBURG. 19.

55 VÉLIZ. 1981,278. VON SONNENBURG. 19.

56 VON SONNENBURG, señala este parecido entre los pigmentos españoles y neerlandeses (20).

57 PALOMINO 488-89.

58 Tal como se hace en los cabellos de la Venus del espejo. Me KIM SMITH, G.: Velázquez's working method. “Art Bulletin”, 1979,401.

59 “Presencia de Tiziano en la España del Siglo de Oro”. Goya n° 135, 1976, 140-59. Véase también, SOCRATE. M.: Borrón e pitturaai macchia' nella cultura letteriana del siglo de oro. Studi di Letteratura spagnola. 1966,37-39.

60 PACHECO. n, 154.

61 La relación entre Velázquez y la pintura veneciana será comentada más en detalle en el libro sobre Velázquez que tenemos en prensa con Yale University Press.

62 PÉREZ SÁNCHEZ. A. E. A., 1916, 144.

63 PALOMINO. 913.

64 La observación de Vargas no se publicó hasta el siglo XIX (CROWWE. J. A. Y CAVALCASELLE, G. B.: The Life and Times of Titian. Ed. 2.ª, Londres 1881,1,329. Los rumores de taller deben haber circulado, ya que la largura y el tamaño del pincel tizianesco son comentados por más de un testigo.

65 Citado en MENÉNDEZ PELAYO II, 203. El comentario de Fray Jerónimo es una variante de la observación de Antonio Pérez, Carta LXXI, Epistolario Español 1. (Bib. de Ribadeneyra XIII, 515). Véase SÁNCHEZ CANTÓN: Fuentes literarias para la Historia del Arte Español. V, 1941.

66 PALOMINO. 905.

67 HORACIO: Ars Poetica, líneas 361-62:

“Ut pictura poesis: erit quae, si propius steste capiat

magis, et quaedam, si longuis abstes". La conexión frecuente entre tropos clásicos y descripciones barrocas ha sido reconocida por J. M. Pita Andrade, Velázquez, Madrid 1976,27, cuando observa sobre el cuadro de Inocencia X que "Palomino nos cuenta una anécdota que parece extraída de algún escritor de la antigüedad clásica". Al respecto, Véase VEGUEU GOLDONI: Temas de arte y literatura, Madrid 1928, 129-32. ANGULO ÍÑIGUEZ, D.: La Fábula de Vulcano. Venus y Marte y la Fragua de Velázquez. Archivo Español del Arte, XXXIII, 1960,149-181.

68 VASARI: Le Vite (Milano 1811) XIII, 378. "Condotte de colpi, tirate via di grosso e nachhie, di manera che da presso non si possono veder, e di lontano appariscono perfette..."

69 BERUETE: Velázquez. París 1898; STE. VENSON, R. A. M.: Velázquez. Londres 1899.

\* Nota de los autores americanos

La materia presentada aquí será comentada en el libro en preparación para Yale University Press: Velázquez. The Archaeology of Genius, en colaboración con Andrew Davidhazy.

Quisiéramos agradecerles a los Sres. Richard B. Kaufmann, la Sra. Hazel McKinley, los Sres. Moise S, Steeg, Jr. y a varias fundaciones norteamericanas por su respaldo sin cuyas generosas contribuciones los viajes necesarios y la conclusión del estudio hubieran sido imposibles. Una beca del American Council of Learned Societies también ha facilitado la investigación. La ayuda amable del Sr. José Manuel Pita Andrade y del personal del Museo del Prado y del Instituto que Conservación, nos ha permitido el examen de los cuadros y el uso de los equipos. Al Sr. Alfonso E. Pérez Sánchez le debemos las sinceras gracias por el apoyo y el consejo en cada fase del proyecto. Al Sr. Pedro Sobrino le agradecemos su colaboración imprescindible para el examen físico de los cuadros. A los sres. Arthur Beale y Seyrnour Slive del Fogg Museum de Harvard University, les agradecemos por su generoso y continuo apoyo. Y quisiéramos reconocer los consejos importantes de la Dra. Rocío Arnáez del Museo del Prado, del Sr. Carlos Cortínez, la Sra. Zahíra Véliz y la Dra. Mercedes Zabala.

## 6.11. Le dessin sous-jacent chez Jerome Bosch L'adoration des mages du musee du Prado a Madrid



Le dessin sous-jacent chez Jérôme Bosch a fait l'objet de diverses études depuis la première publication consacrée au Portement de croix du musée de Gand en 1959 (1).

L'exposition de Bois-le-Duc en 1967 a été l'occasion de reconnaître trois manières dans le dessin sous-jacent des oeuvres attribuées au maître.

1<sup>e</sup> manière: Christ couronné d'épines (Londres) Saint Jean : Patmos (Berlin)

2<sup>e</sup> manière: Nef des fous (Madrid) Allégorie (New Haven)

3<sup>e</sup> manière: Portement de croix (Gand) Tentation de saint Antoine (Lisbonne)

Il s'agissait de simples constatations dont on ne pouvait rien tirer du point de vue des attributions, si ce n'est peut-être que le problème se présentait d'une manière particulière chez Bosch puisque dans une même oeuvre, la Tentation de saint Antoine du Musée de Lisbonne, on trouvait un dessin de la deuxième manière et un dessin de la troisième manière (2). La restauration, exécutée par Maria Fernanda Viana en 1972, de ce triptyque a révélé une oeuvre complexe dans son exécution et présentant des changements de composition aussi bien au stade du dessin qu'à celui de la couleur (3).

Vint ensuite la plus importante étude parue sur la question qui a pour auteur J.P. Filedt Kok (4). Le nombre de peintures examinées était augmenté du saint Christophe et du Vagabond, tous deux de Rotterdam. Pour la première fois, le rapport entre les dessins isolés et le dessin sous-jacent de l'artiste était envisagé. L'auteur ramène à deux les différentes manières proposées en 1967 ; l'une présente un dessin au modelé soigné, l'autre un dessin simplement esquissé. Le Vagabond appartient à la première manière, le saint Christophe à la seconde.

Si nous simplifions la pensée de Filedt Kok, on peut dire qu'il considère qu'il n'y a pas de raisons claires de penser que le dessin de Bosch joue un rôle important dans la création de ses peintures. Ce dessin devrait plutôt être regardé comme une forme indépendante d'expression qui offre des parallélismes avec le dessin sous-jacent. J.P. Filedt Kok pensait en



Jérôme Bosch, Adoration des Mages. Madrid. Musée du Prado. Panneau central, tête d'un personnage, réflectogramme à l'infrarouge.

outre que des progrès ne pourraient être réalisés qu'en examinant les peintures de Venise, Vienne et Madrid.

Les participants au Colloque IV se souviendront de l'étude menée par Paul Vandebroek du dessin sous-jacent du Jardin des Délices par simple observation visuelle sans le secours des infrarouges. L'auteur y trouve notamment «des changements de composition importants ... du même ordre» que ceux de la Tentation de Lisbonne (5).

Je dois signaler une très intéressante étude inédite de Brigitte Geerinckx consacrée au dessin isolé de Bosch,

Les dessins de Jérôme Bosch. Révision des attributions, mémoire de licence, exemplaire dactylographié, Louvain-la-Neuve, 1982, 254 p. Ne sont retenus par cet auteur comme de la main de Bosch que Les Sorcières ou Scènes de Carnaval (Paris, Louvre), Saint Pierre s'agenouillant (Amsterdam, de Boer).

Paul Vandebroek a entrepris l'étude des panneaux du Palais des Doges de Venise. Avec le Professeur Mairinger et Heribert Hütter, nous avons commencé l'étude du triptyque du Jugement dernier de Vienne. Une équipe hispano-belge s'occupe des oeuvres de Bosch conservées au Musée du Prado à Madrid (6).

On présentera ici quelques considérations sur le triptyque de l'Adoration des Mages, oeuvre signée considérée par tous comme une des plus sûres attributions à Jérôme Bosch. On ne retiendra que ce qui concerne le dessin sous-jacent. Les autres considérations sur l'exécution picturale de l'oeuvre seront publiées dans le Bulletin du Musée du Prado (7).

Si le dessin sous-jacent est aisément visible en réflectographie à l'infrarouge dans le panneau central et la face des volets, il n'en va pas de même dans la scène de la Messe de saint Grégoire, traitée en grande partie en grisaille par l'artiste.

On note d'importants changements de composition dans le paysage. Diverses zones actuellement vides de constructions ont été dessinées; leur réalisation au stade de la peinture aurait chargé beaucoup plus le paysage actuellement parsemé de zones de verdure qui lui donnent un aspect oriental (?) (Pl. 92a et b). Dans l'étable, d'ailleurs visible à l'oeil nu par une lacune dans le pisé, apparaît la tête d'un personnage à mettre peut-être en relation avec les bergers sur le toit (Pl. 93).

On peut observer que pratiquement les quatre visages des donateurs et des saints patrons ont subi des changements (Pl. 94). Le visage de sainte Agnès, personnage au corps particulièrement allongé, avait été prévu

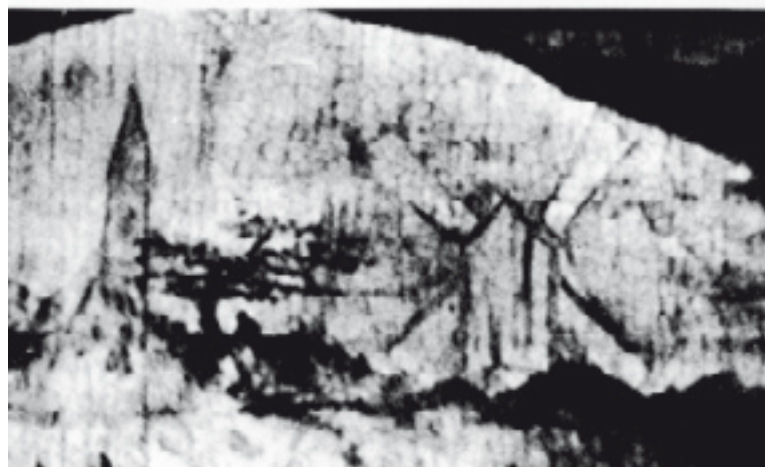
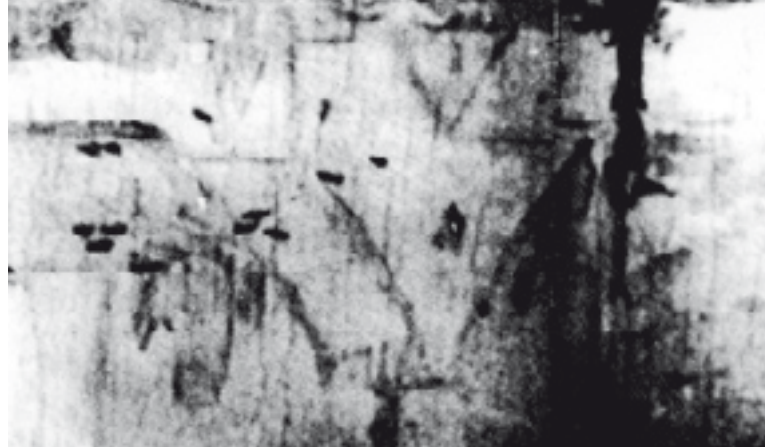
plus haut; celui d'Agnès Bosshuyse était plus tourné vers la gauche, ce qui lui donnait une orientation presque de profil alors qu'il est actuellement de trois-quarts face. Les changements sont moins aisément perceptibles dans le visage de Pierre Bronckhorst, mais il semble bien que le changement d'orientation soit du même ordre.

Pour intéressantes qu'elles soient, ces modifications ne paraissent pas caractéristiques d'une manière de faire de l'artiste et semblent se justifier par un désir de bien intégrer les personnages des volets à la scène de l'Adoration du panneau central. L'observation des plis des vêtements paraît plus susceptible d'établir des comparaisons avec d'autres oeuvres attribuées à l'artiste. Les plis sont constitués de larges traits chargés de matière de faible intensité qui définissent plus un mouvement général que des indications précises de détails. Les creux des plis et les zones d'ombre sont souvent soulignés par un trait net qui, en réflectographie à l'infrarouge, apparaît d'un noir intense et se superpose à certaines zones du dessin sous-jacent (Pl.95 a et b). On ne décèle pas de changements de composition, mais seulement quelques reprises de forme, principalement dans les extrémités des vêtements.

L'examen radiographique confirme à peu de choses près la même absence de changements de composition.

Le traitement des personnages et principalement des personnages du panneau central, ne présente ni recherches de mise en place, ni changement de composition. On semble se trouver en présence d'une composition préexistante ou créée sur un autre support que le panneau de bois.

Il n'en irait pas ainsi pour le paysage où l'intervention de l'artiste se manifeste sur le support de la peinture lui-même. Notons, sans vouloir en tirer de conclusions particulières, qu'aucun des éléments dessinés et abandonnés au moment du placement de la couleur



Jerôme Bosch, Adoration des Mages. Madrid, Musée du Prado. Panneau central, détails, réflectogrammes à l'infrarouge.  
a et b constructions dans le paysage.

ne participe à «l'architecture fantastique» et montre des éléments tout à fait traditionnels.

Le Saint Jean à Patmos du Musée de Berlin semble offrir le plus de rapprochements avec ce qui vient d'être décrit. Il en va de même du Christ couronné d'épines de Londres ce qui assimilerait plutôt le dessin de l'Adoration des mages du Prado à la première manière définie en 1967. Filedt Kok a rapproché ce type de dessin de la feuille portant une ruche et des sorcières conservée à l'Albertina de Vienne.

## RÉSUMÉ:

L'attribution des oeuvres de Jérôme Bosch. Bref historique de l'étude du dessin sous-jacent de l'artiste. Importance particulière du retable de l'Adoration des mages du Prado. Examen du dessin sous-jacent de ce triptyque. Essai de situation dans l'oeuvre de Bosch. ■

## NOTES

(1) R. VAN SCHOUTE, Le portement de croix de Jérôme Bosch au Musée de Gand. Considérations sur l'exécution picturale, dans Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique, II, 1959, p. 47-58.

(2) R. VAN SCHOUTE, Over de techniek van Jeroen Bosch, dans Tentoonstelling Jheronimus Bosch. Bijdragen, Bois-le-Duc, 1967, p. 72-80.

(3) R. VAN SCHOUTE (en collaboration avec A. de MOURA et M.-F. VIANA), Premières considérations sur l'exécution picturale. Tentaços de Santa Antao de Hieronymus Bosch. Museu Nacional de Arte Antiga, Lisbonne, 1972, n.p. ; le même, Le dessin de peintre chez Jérôme Bosch La Tentation de saint Antoine du Musée national de l'art ancien, dans Dei dente. Revi sta portuguesa de cultura, 1973, p. 358-362.

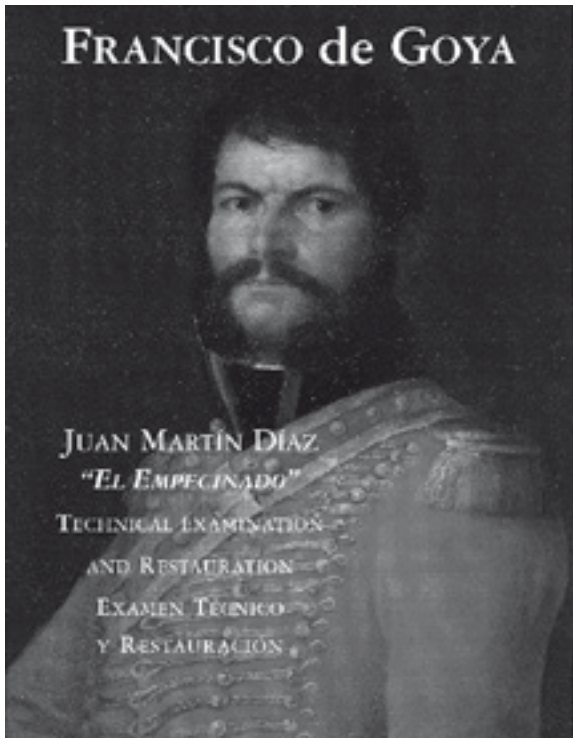
(4) J.P. FILEDT KOK, Underdrawing and drawing in the work of Hieronymus Bosch: a provisional survey in connection with the paintings by him in Rotterdam, dans Simiolus, 6, 1972-73, p. 133-162.

(5) P. VANDENBROECK, Problèmes concernant l'oeuvre de Jérôme Bosch: le dessin sous-jacent en relation avec l'authenticité et la chronologie, dans L'attribution en peinture. Apport du dessin sous-jacent. Colloque IV pour l'étude du dessin sous-jacent dans la peinture (1981), Louvain-la-Neuve, 1983, p. 107-120.

(6) Voir p. 211 du texte.

(7) On trouvera des considérations d'ensemble sur la technique de l'artiste dans R. VAN SCHOUTE et M. VAN SCHOUTEVERBOOMEN, Bosch, Milan, 1982, p. 171-176 (Osservazioni su alcune opere di Bosch analizzate con l'ausilio dei metodi di laboratorio).

## 6.12. Examen Técnico y Restauración



Los recientes trabajos realizados para la conservación y restauración del retrato de Juan Martín Díaz “El Empecinado”, acompañados de una profunda investigación científica, han puesto de relieve el verdadero valor pictórico del cuadro pintado por Goya, permitiéndonos delimitar con exactitud su calidad pictórica y el estado de conservación en el que se encuentra en nuestro días. La visión actual del cuadro lleva al investigador, y a los amantes de la obra de arte, a calibrar en su justa medida la autenticidad del mismo, a pesar de los graves problemas que ha sufrido con el paso del tiempo

En esta publicación se reflejan la investigación científica y la restauración rigurosas llevadas a cabo, a través de las cuales se vislumbran los 180 años de historia de este retrato que tanta repercusión han tenido en su valoración crítica.

El proceso, desde la investigación científica a la restauración, se confió a expertos destacados en cada campo, como el Doctor D. José M<sup>a</sup> Cabrera, la doctora D<sup>a</sup> María del Carmen Garrido y la restauradora D<sup>a</sup> María Jesús Iglesias. A ellos les felicitamos por su labor técnica y el éxito obtenido.

Igualmente, damos nuestro más expresivo agradecimiento al Sr. Director del Museo Nacional de Artes Decorativas, D. Alberto Bartolomé Arraiza, quien en todo momento nos facilitó el desarrollo de nuestra labor, y al Sr. Koji Yukiya, Jefe de Conservadores del Museo Nacional de Artes Occidentales de Tokio, por sus sabios consejos a lo largo de toda la investigación.

Akio Koyama  
General Administrador

Con motivo de la celebración del 250 aniversario del nacimiento del pintor Francisco de Goya, el Instituto Aino Gakvin de Japón decidió mostrar en España el retrato de Juan Martín Díaz “El Empecinado”, del que son propietarios, pintado por el artista y que desde 1900 no había sido expuesto en nuestro país.

Desde su llegada, este retrato ha permanecido ya en dos exposiciones. La primera en Zaragoza en el Palacio de Vástago bajo el título “Goya, El Empecinado y la Guerra de la Independencia en Aragón”, del 15 de Noviembre al 15 de Diciembre de 1996, que generó un interesante catálogo realizado por varios autores. La segunda en Madrid, en la que se exhibió el cuadro en el Museo de Artes Decorativas entre los meses de Marzo y Abril de 1997.

Con posterioridad a la publicación de este examen técnico, se va a llevar a cabo una tercera exposición en Burgos, en la que se pondrá de relieve la relación del personaje con esta ciudad.



1. Juan Martín Díaz "El Empecinado" Fotografía general.

Durante la permanencia del cuadro en Madrid, han sido realizados diversos exámenes técnicos para investigar el proceso creativo seguido por el pintor aragonés en la realización del retrato de este célebre personaje y su estado de conservación. El estudio interno de la obra hace que en estos momentos conozcamos en profundidad la realidad material del cuadro, hecho fundamental para cualquier evaluación posterior sobre el mismo.

Agradecemos al Instituto Japonés la generosidad mostrada con el préstamo del cuadro por las diferentes exposiciones, así como el habernos permitido su examen y restauración.

Para el examen técnico del retrato de Juan Martín Díaz "El Empecinado" se han realizado diferentes análisis físico-químicos, a fin de conocer en profundidad el proceso creativo seguido por el pintor en su ejecución y el estado de conservación en el que ha llegado la obra a nuestros días (fig. 1)

La metodología aplicada ha sido la siguiente: radiografía general del cuadro, reflectografía infrarroja de detalles, fluorescencia ultravioleta general y de detalles, macrofotografías con luz rasante, análisis de materiales (soportes, preparación, pigmentos y aglutinantes) mediante diferentes métodos analíticos (1).

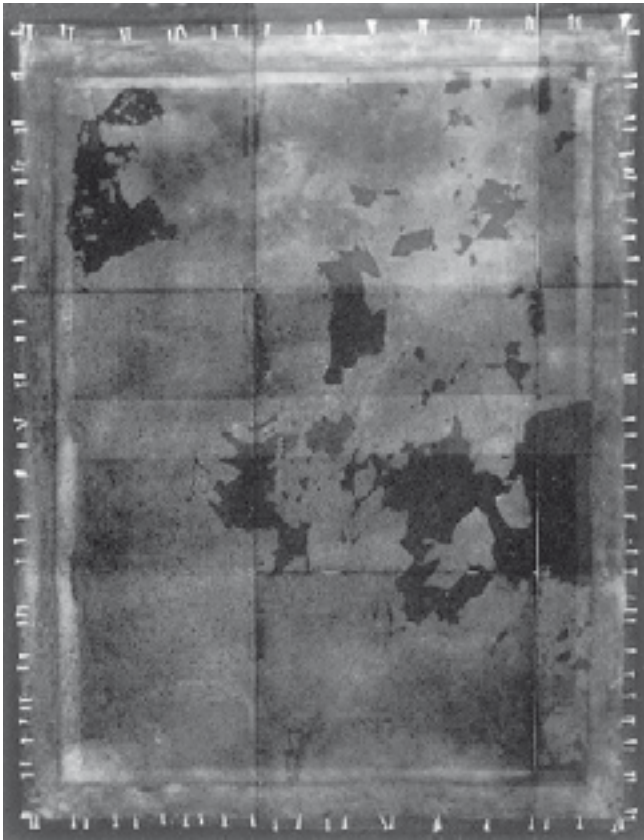
La interpretación de estos análisis se ha llevado a cabo de forma conjunta, ya que la complementariedad de los mismos es esencial en la comprensión de los problemas que el cuadro plantea.

En la radiografía, la imagen del retratado queda en parte contrarrestada por la fuerte densidad de la capa de imprimación extendida por toda la superficie del lienzo. A través de la intensa radiopacidad de este estrato emerge la figura del Empecinado, siendo la cabeza, el inicio de la chaquetilla y las líneas fundamentales de los adornos dorados de la misma los que permiten la situación del personaje en el documento (2) (Fig. 2)

El pintor destaca las luces del traje militar, por ejemplo en los primeros entorchados de la chaquetilla, mediante aplicaciones puntuales de materia pictórica, rápidas de gran maestría. Este mayor realce viene motivado por estar la figura proyectada con una iluminación de derecha a izquierda. El mismo sentido tienen ciertos perfiles de la delimitación de algunos de los detalles de su traje, tales como las líneas del cuello, las que enmarcan sus límites externos o las que precisan el adorno de la bocamanga izquierda.

La cabeza de El Empecinado es la parte del retrato que presenta una mayor elaboración, como es lo habitual (Fig.3) Destacan las luces de la frente, realizadas mediante pinceladas algo más empastadas que se aplican arrasando el pincel de izquierda a derecha, al igual que las de la mejilla derecha del personaje y las de la barbilla. Sin embargo, los realces en estas dos últimas zonas de la cara





2. Radiografía general.

se introducen mediante pinceladas más suaves que se integran de forma homogénea en el conjunto, mientras que en las de la frente se pueden observar las huellas del pincel de forma acusada. Las luces de los ojos las destaca el artista por medio de pequeños puntos de luz aplicados sobre el iris, similares a los que da sobre la punta de la nariz. Por otra parte, para señalar los párpados y la comisura de los labios recurre a finos trazos que delimitan la ubicación de estos detalles fisonómicos dentro del rostro.

El contorno de la cabeza se funde suavemente con el fondo del cuadro. Se podría decir que el pintor ha plasmado la mancha de la cabeza para ubicarla, trabajando el detalle en superficie con ligeras pinceladas, por lo que esa elaboración final no tiene contraste radiográfico. Aparte, por supuesto, de la merma ya expuesta en la visión del

documento motivada por la impresión clara radiográfica de las capas internas (3).

La delimitación del perfil de la figura se intuye bajo este fondo de alta radiopacidad, tanto en su lateral derecho como en el izquierdo. Lo mismo sucede con ciertas líneas de los pliegues de la chaquetilla, algunas de ellas suavizadas en la ejecución final, según se observa en el encaje del hombro de la manga izquierda.

La historia material de esta obra, como bien se manifiesta en la radiografía, ha sido seriamente perjudicial para ella. Las grandes pérdidas que se han producido afectan fundamentalmente al ángulo superior izquierdo del cuadro, a la zona comprendida entre el cuello y el hombro izquierdo del personaje y a la franja central derecha de la pintura, sobre el cuerpo del retratado y el fondo, siendo de considerables dimensiones las lagunas totales de preparación y pintura.

Existen además, otras de menor tamaño, en comparación con las antes apuntadas, repartidas por el resto de la superficie de la obra. Afortunadamente, ninguno de estos accidentes afecta a la cabeza que es una de las partes mejor conservadas del conjunto.

En el documento radiográfico se observan las marcas de un antiguo bastidor, señaladas dentro del borde interno del actual. Por otra parte, el lienzo se presenta recrecido en los cuatro lados, llegando los hilos de la tela original sólo de forma puntual al borde izquierdo del cuadro. Estas marcas del bastidor antiguo hacen pensar que el lienzo ha sido cortado, sin que se pueda determinar con certeza la dimensión de los cortes. Si las señales visibles en oscuro en el documento son las del bastidor original, que bien pudieran serlo a juzgar por su profundidad y por las marcas que dejó el instrumento con el que se aplicó la imprimación de alto contraste radiográfico, al incidir sobre el mismo –el cuadro se debió pintar con el bastidor puesto–, la obra sólo habría perdido unos centímetros como es lo más probable.

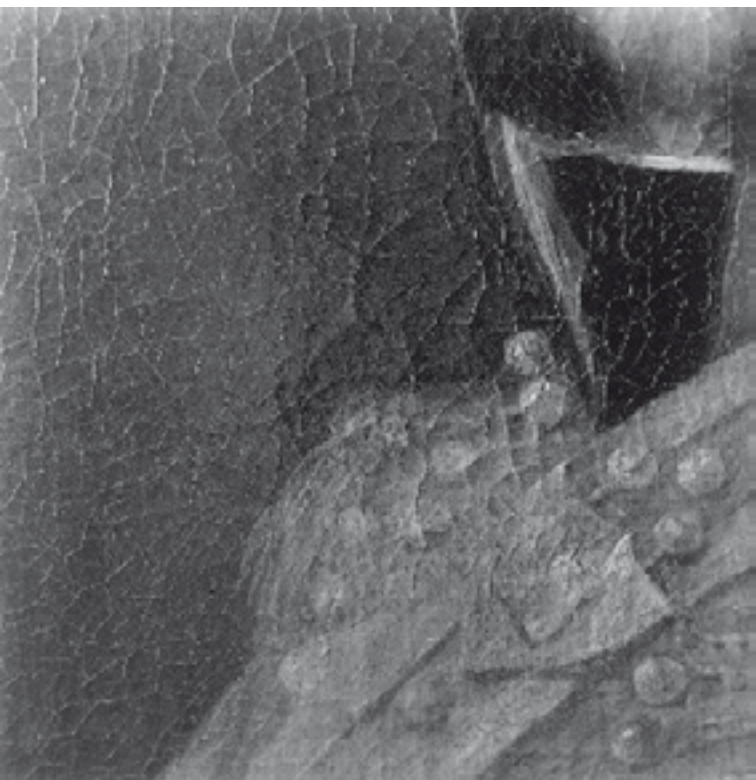


3. Detalle de la cabeza del personaje. Rayos X.

Es indudable que la pintura ha estado, en algún momento de su historia material, en malas condiciones de almacenaje para su conservación. Es posible que incluso haya permanecido sin bastidor por un tiempo, lo que explicaría en gran parte, el fuerte craquelado que tiene toda la superficie y las grandes laguna visibles, todo ello ayudado por unas condiciones ambientales no idóneas, seguramente de fuertes humedades, contrastes que

han motivado las pérdidas absolutas que se han producido (fig. 4)

El tipo de craquelado visible en el Cuadro es frecuente en la obra de Goya, al igual que los craquelados en forma de tela de araña. Aunque estos últimos pueden observarse en toda la superficie, son curiosos los que se entrelazan sobre la mejilla izquierda (4) (fig.5). Estos gruesos craquelados inducidos, en parte, por los materiales preparatorios,

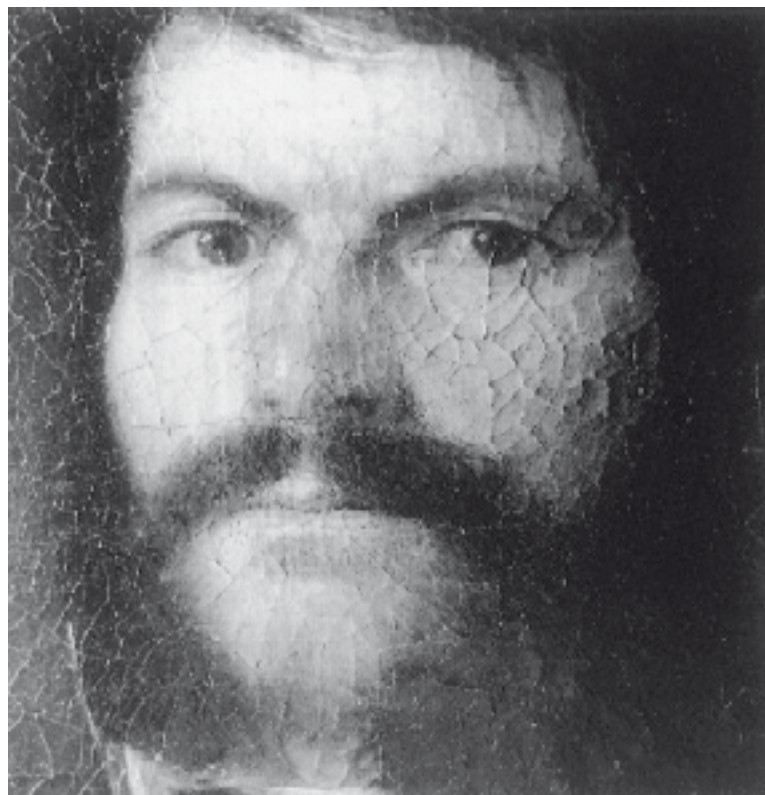


4. Detalle de los fuertes craquelados visibles sobre la superficie. Fotografía con luz rasante.

colaboran de forma negativa en las pérdidas, en el momento en el que un cuadro no es mantenido en unos niveles adecuados para su conservación.

La delimitación exacta de las lagunas, de preparación y color, se puede realizar debido a que las restauraciones anteriores han sido llevadas a cabo con materiales diferentes, sin contraste radiográfico, a los empleados por el artista para pintar el cuadro original. Dentro de la gravedad de los accidentes padecidos por la obra, a través de la radiografía se pueden determinar con exactitud cuales son las zonas originales de la pintura y cuales son fruto de añadidos posteriores, introducidos en las distintas manipulaciones sufridas por la misma.

Además de todo lo expuesto, la obra tiene un desgaste superficial apreciable, muy patente en todo el fondo oscuro y en la figura del retratado, sobre todo en la cabeza: cabello, cejas, bigote y patilla (Fig.6). Es, seguramente,



5. Detalle de la cabeza. Craquelados en forma de tela de araña. Fotografía con luz rasante.

por este hecho por lo que estos detalles que completan la fisonomía del personaje estaban reforzados con toques de pigmentos oscuros, negros y marrones, que endurecían fuertemente las facciones del El Empecinado.

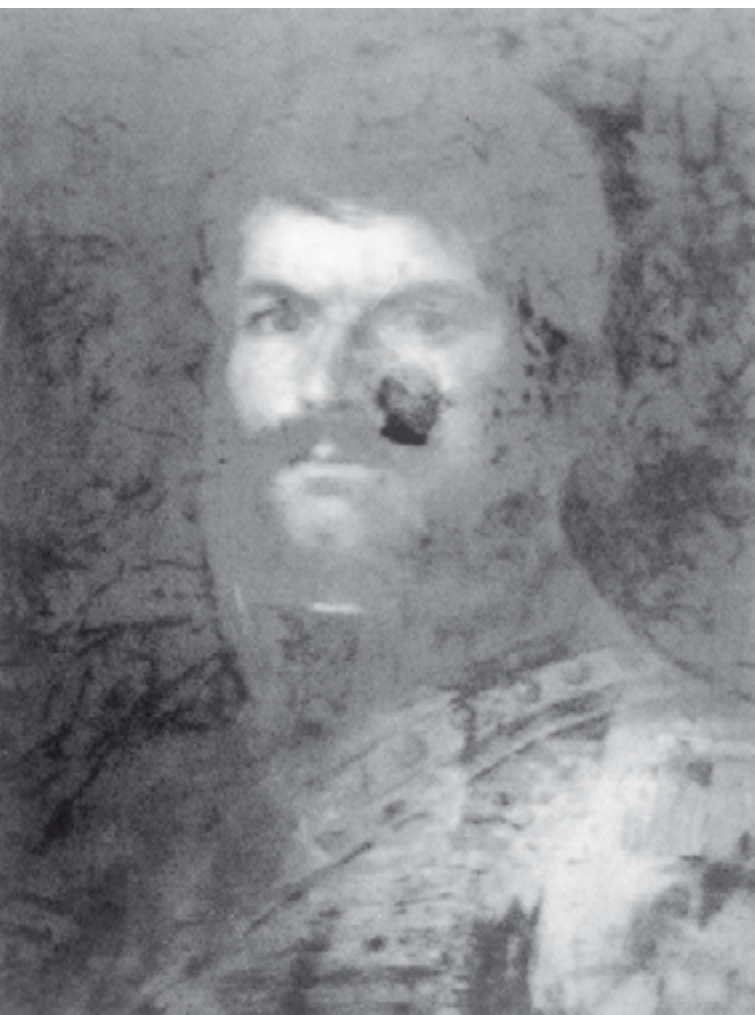
Las fotografías realizadas con fluorescencia ultravioleta muestran los gruesos barnices que recubrían la pintura y los numerosos repintes realizados sobre la misma, dejando traslucir, además, los grandes repintes existentes sobre las lagunas que subyacen en el cuadro (fig. 7 y 8).

En los reflectogramas infrarrojos también pueden verse estos repintes, así como los refuerzos del color hechos en superficie con pigmentos sobre algunos detalles de la figura algo desgastada, por ejemplo en la cabeza, sobre el pelo, el bigote, y las patilla, y en los adornos de la dolman roja, etc (fig. 9 y 10)

Las fotografías con luz rasante ponen de manifiesto el fuerte craquelado que se ha



6. Desgastes producidos en superficie entre la cabeza y el hombro del personaje.



8. Detalle de la cabeza. Fluorescencia Ultravioleta.



7. Fotografía general del cuadro. Fluorescencia Ultravioleta.

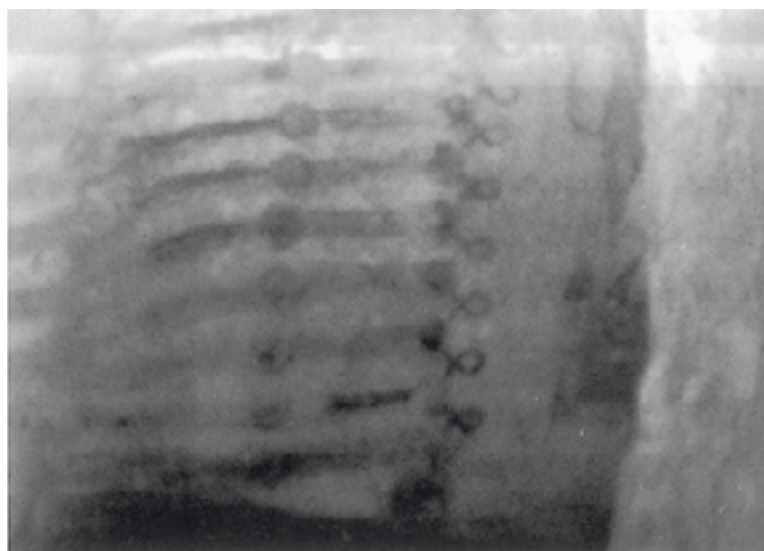
Las fotografías realizadas con fluorescencia ultravioleta muestran los gruesos barnices que recubrían la pintura y los numerosos repintes realizados sobre la misma, dejando traslucir, además, los grandes repintes existentes sobre las lagunas que subyacen en el cuadro (Fig. 7 y 8).

producido por toda la superficie, agudizándose éste sobre la cabeza del personaje y su vestido, así como en ciertas partes del fondo. Este craquelado, antes de la restauración, corría fuerte riesgo de fractura y caída, ya que estaba muy levantado y con falta de adhesión al soporte.

El lienzo de lino sobre el que se pintó el cuadro es de baja densidad (11 hilos en urdimbre y trama por cm<sup>2</sup>). En sus cuatro bordes ha sido cortado y recrecido. Además, en una restauración anterior fue reentelado (fig.11). Este proceso se llevó a cabo a la cera, pudiéndose observar gruesas capas de esta materia impregnando todo el reverso del soporte. Los bordes actuales del lienzo de reentelado que vuelven sobre el bastidor moderno, de travesaño central tensado mediante cuñas, están sellados con papel.

La preparación del soporte, previa a la ejecución de la pintura, es bastante cuidada (5). En todas las muestras analizadas existen dos capas iniciales. La primera, a base de tierras de tonalidad rojiza, es muy gruesa. Debido a los materiales que la componen carece de contraste radiográfico. Estas tierras rojas son típicas, entre otras materias, de la escuela madrileña ya desde los siglos XVI y XVII.

Sobre la preparación se observa una capa de impregnación algo más clara de tonalidad, ya que a la tierra roja se le ha añadido abundante blanco de plomo, que es el pigmento que da la impresión blanca generalizada a la imagen radiográfica del cuadro, por estar extendido el estrato que lo contiene por toda la superficie. El espesor de esta capa, aunque grueso, es más delgado que el de la primera base. La imprimación tiene como misión la de preparar los efectos de color posteriores del conjunto, sirviéndole de base y de fondo óptico a la pintura. La manera de estar aplicada, con brocha y de forma suave, produce ligeras manchas más claras –según vemos en la radiografía sobre todo en el cuadrante superior derecho –, lo que hace que el fondo



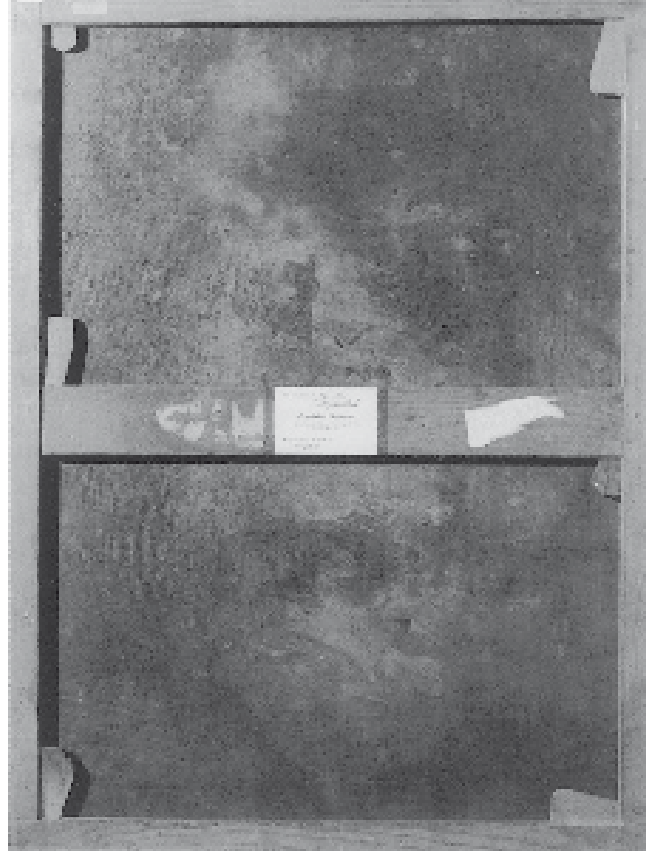
10. Detalle del traje militar. Reflectografía infrarroja.

adquiera una vibración lumínica especial, a pesar de la tonalidad oscura que después se ha aplicado como fondo tonal del cuadro. Hacia este lado de la composición se proyecta también la mayor iluminación de la obra.

Las capas de color, según se manifiesta en las micromuestras realizadas, salvo cuando existen superposiciones de tonalidades, son delgadas y los pigmentos que las integran tiene una granulometría muy fina, debido a la molienda cuidada que presentan. Sobre las bases de los tonos elegidos, el pintor puntualiza ligeramente las zonas en sombra y realza las más luminosas con toques precisos, como se ha descrito en la visión de la radiografía. Destacan, por ejemplo por su destreza y concisión los que picelan el borde derecho del



9. Cabeza del personaje. Reflectografía infrarroja.



11. Fotografía general del soporte.

alzacuellos de la casaca, los que delimitan los adornos de la bocamanga izquierda, la hebilla y algunos de los entorchados y botones del casaca.

La observación de la oreja izquierda del retratado hace pensar que ésta no está permitida, ya que le faltan las últimas capas del tratamiento superficial de las carnaciones que se manifiestan en el rostro.

Las restauraciones sufridas por la obra han sido muy agresivas y no siempre excesivamente delicadas. Las pérdidas de pintura tenían burdos repintes que ropían la unidad del conjunto falseando, en gran manera, la visión de la obra.

Con seguridad esta falta de sensibilidad en la ejecución de los retoques y el desconocimiento de su verdadero estado material, es lo que podido conducir a algunos autores a dudar sobre la autenticidad del retrato (6).

Tras el proceso de intervención actual, los colores aplicados por el pintor resaltan con gran belleza: rojo, dorado (amarillo), verde, azul, etc, dando realce a la figura del Empecinado cuya mirada ha ganado aún más

en intensidad, al ser eliminados los negros que reforzaban las partes oscuras de su cabeza. Como consecuencia de ello, han sido recuperadas las tonalidades marrones de los pelos de las patillas, los bigotes, etc, recobrándose, además, la ligereza del pincel con la que fueron pintados. En la zona comprendida entre el borde de la patilla izquierda y el alzacuello del mismo lado se han restituido las formas perdidas por los repintes, insinuándose las líneas esenciales, transparentándose ligeramente un proyecto inicial abandonado por el artista.

Después de la respetuosa restauración actual, en la que se ha procurado liberar a la obra de los burdos repintes y de aquellos detalles que le falseaban, se han recuperado, en la medida de lo posible, el original pintado por Goya, pudiendo el espectador apreciar y distinguir lo que es fruto de la mano del pintor de lo que no lo es, a través de la visión de los finísimos trazos introducidos para la reintegración de la grandes faltas de pintura; trazos que dan unidad al conjunto sin enmascarar, en modo alguno, lo que no ya llegado de auténtico de la obra.

El soporte de la pintura es un lienzo con cruzado sencillo de baja densidad y trama abierta, 11 x 11 hilo por centímetro cuadrado. Las fibras son de naturaleza liberiana, posiblemente de Lino, finas, bien cardadas y torcidas siempre en sentido Z. Se trata de una tela sencilla, de una sola urdimbre y una sola trama, con un curso de ligamento cuadrado, lo que se conoce como Tafetán.

La manipulación de los bordes no permite saber la orientación del lienzo e igual nos sucede con el criterio de densidad pues, al ser igual el número de hilos en las reducciones correspondientes, tampoco permite aventurar una hipótesis. Aparece empastada con cera en toda la superficie.

El bastidores de madera de pino, con un travesaño horizontal y seis cuñas de tensión dispuestas en los seis puntos de encuentro de los tres listones horizontales con los dos verticales.

Para el estudio de la capa pictórica se han tomado ocho micromuestras, de las cuales seis corresponden a materia original (muestras nº 1 al nº 6) y dos a repintes (muestras nº 7 y nº 8) todas las cuales han sido fotografiadas al microscopio con los mismos aumentos para facilitar la comparación: Las muestras nº 5 y nº 6 se han preparado en forma de lámina delgada, con el fin de ampliar el análisis óptico de los materiales constitutivos, y el resto de las muestras se han elaborado en forma de inclusión opaca en metacrilato de metilo.

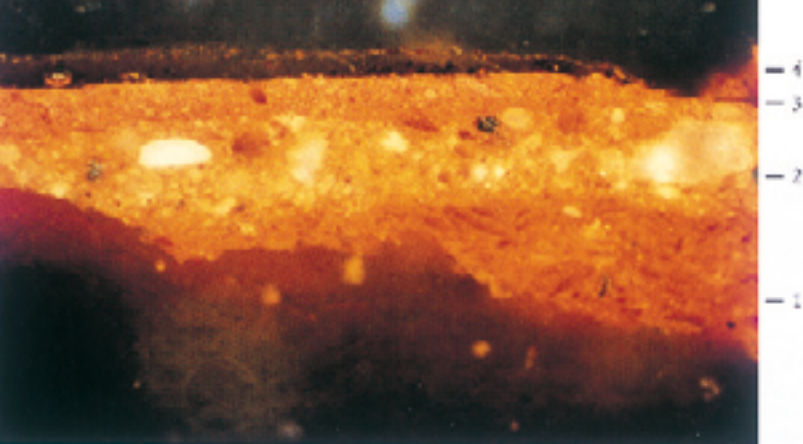
La preparación del cuadro (estrato nº 1), de un espesor aproximado entre 100 y 200 micras, está construida con tierra roja a base de nódulos de arcilla y granos angulosos de cuarzo detrítico, ligada con un aglutinante de ácidos grasos y proteínas, correspondientes muy probablemente a aceite secante y cola animal.

El estrato nº 2, con espesores comprendidos entre 70 y 100 micras, es de color rosado por la mezcla de ocre rojo, carbonato cálcico, blanco de plomo y negro de manganeso con aglutinante de aceite secante. Se extiende a toda la superficie del cuadro y constituye una capa de "imprimación" que crea un fondo ópticamente denso y reflectante y que se utiliza directamente para la construcción de las carnaciones. Por su contenido en plomo, determina un efecto de filtro para los Rayos X de bastante homogeneidad en todo el cuadro, causante de la amplia falta de contraste radiográfico en la composición pictórica.

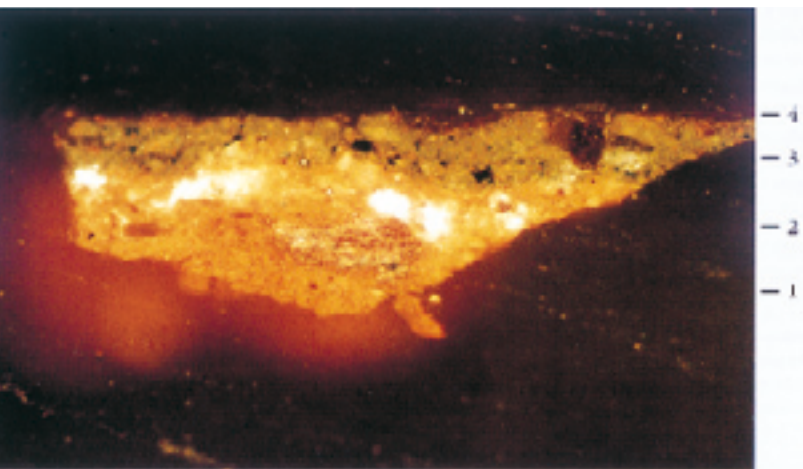
El color propiamente dicho (estrato nº 3), lo hemos examinado en las seis muestras que corresponden al rojo de las casaca, azul verdoso de la bocamanga, amarillo oro de los entorchados, verde del pantalón, pelo de la barba sobre carnación y el fondo oscuro. En todos los casos son estratos de espesores comprendidos entre 30 y 70 micras, construyendo al óleo una paleta formada por ocre rojo, laca orgánica carmín, carbonato cálcico, blanco de plomo, amarillo de plomo y estaño, tierra verde, azurita artificial y negro de manganeso.

La zonas de repintes examinadas en las muestras nº 7 y nº 8, muestran una base de estuco de yeso blanco aglutinado con cola animal, estando aplicado el color en capas bastante delgadas (entre 10 y 25 micras), siendo una mezcla de azul de Prusia y ultramar artificial y estando el negro compuesto por negro de huesos y óxido de hierro con algo de blanco de zinc. (estratos nº1 y nº 2).

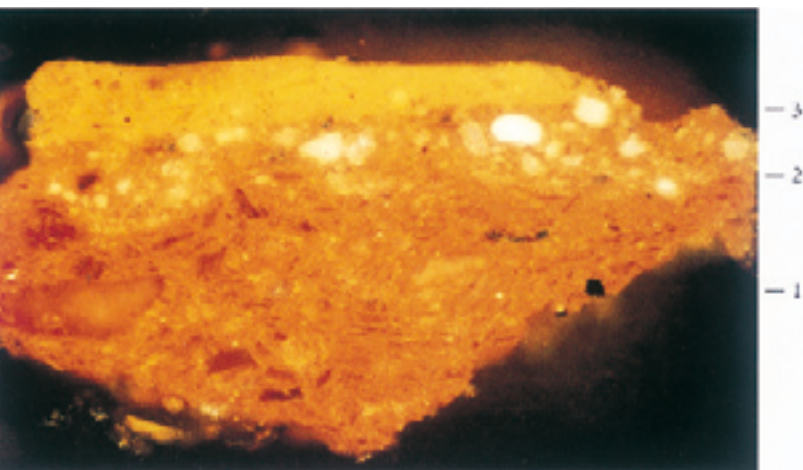
El barniz que cubre la pintura, bastante grueso, es de naturaleza terpénica, siendo muy probablemente a base de resina dammar (estrato nº4). ■



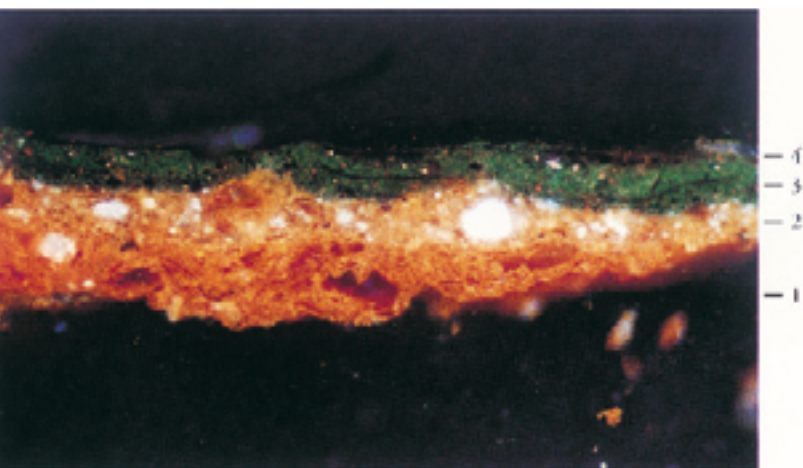
Rojo casaca, borde bocamanga izquierda. 200 aumentos.



Azul bocamanga. 200 aumentos.

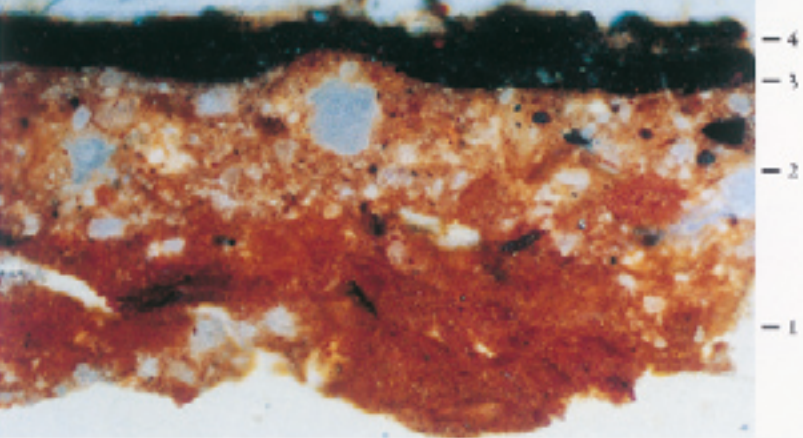


Oro del galón, en la bocamanga izquierda. 200 aumentos.

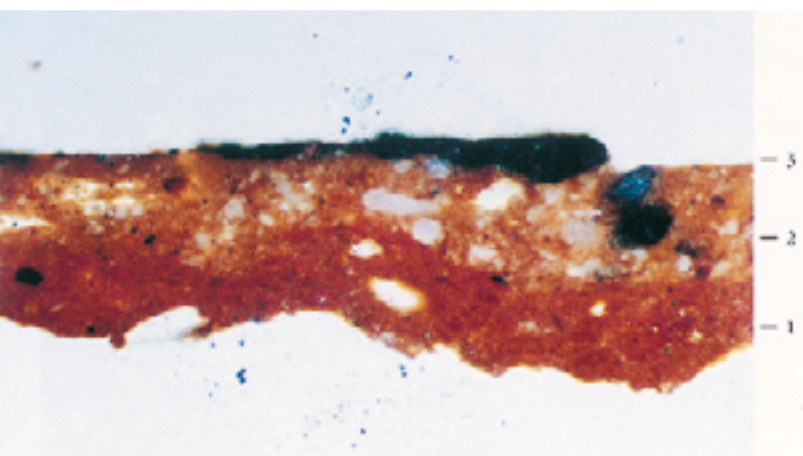


Verde del pantalón.200 aumentos.

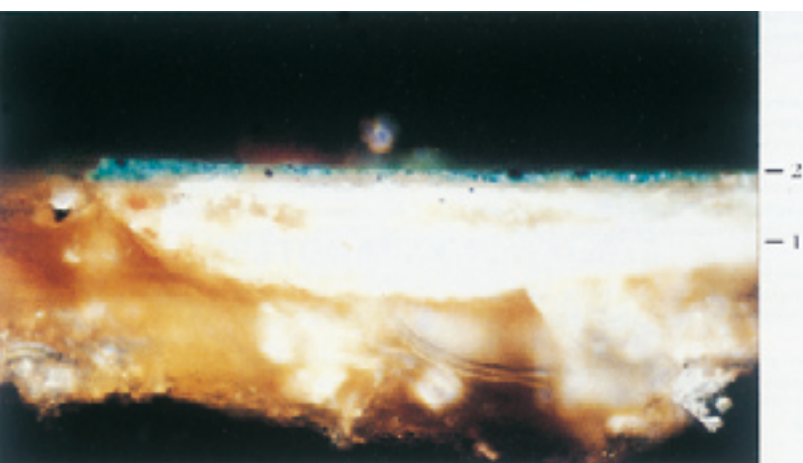




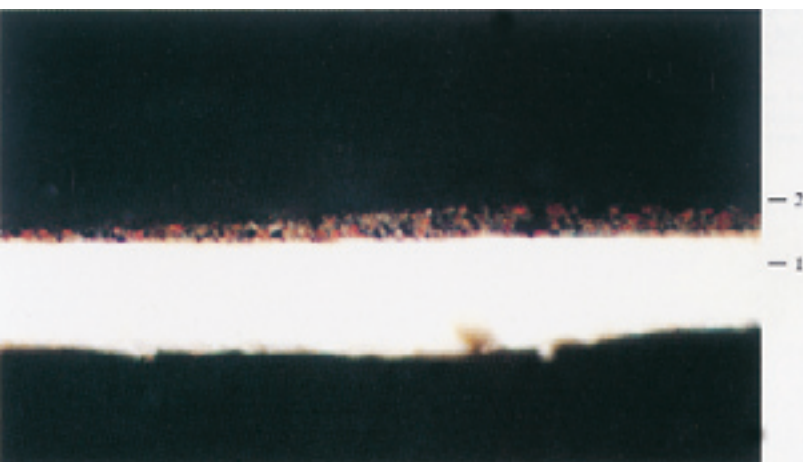
Fondo oscuro en el ángulo superior derecho. 200 aumentos.



Negro barba sobre carnación. 200 aumentos.



Repinte azul bocamanga- 200 aumentos.



Repinte negro barba. 200 aumento

## NOTAS

1 Los documentos técnicos han sido llevados a cabo por el Dr. Don José María Cabrera

2 Características técnicas del documento: 55 kv, 15 mA, 1 minuto y medio a 3 m de distancia.

3 Las radiografías efectuadas sobre la obra de Francisco de Goya son muy diferentes entre sí. En ocasiones se observan las figuras muy elaboradas y en otras muy por, no dependiendo este hecho del tipo de cuadro que realiza sino de la técnica que emplea. Así por ejemplo, en los bocetos preparatorios para la familia de Carlos V (Museo del Prado) se observa que las figuras están más trabajadas – contrario a los que se podía pensar para lo que es un boceto mientras que en obras de plena ejecución la técnica resulta poco trabajada, ya que la pintura es muy directa. Tal es el caso, por ejemplo del retrato de Doña Tadea Arias De Enriques (n1 de cat. 740), conservado en el Museo del Prado o el retrato del Duque de San Carlos (museo de Zaragoza). La presen-

cia de fondos ópticos de fuerte contraste radiográfico es habitual en las pinturas de este artista.

4 Aunque repetidamente se ha dicho que estos craquelados son típicos de la pintura del siglo XVIII, en algunas obras de pintores anteriores pueden ser vistos, por ejemplo, en el caso del Príncipe Baltasar Carlos cazador (Museo del Prado, nº de cat. 1189) y en numerosas zonas de las Hilanderas (Museo del Prado, nº de cat. 1173), obras ambas de Diego Velázquez.

5 Ver capítulo sobre los materiales de pintura.

6 No existe ningún dato material –técnico contrario a esta atribución. La omisión del cuadro en ciertas catalogaciones, a partir de una determinada época, tal vez ha venido motivada por el desconocimiento sobre su paradero. Ver Arturo Ansón Navarro: Catálogo de la Exposición “Goya, el Empecinado y la Guerra de la Independencia en Aragón”. Zaragoza, 1996, pag 70-81. ■

## 7.1. Conservación de la Cueva de Altamira: Sugerencias para un programa de trabajo



La presente comunicación es casi una réplica de la conferencia dictada en la Asociación de Amigos de la Arqueología, en noviembre de 1977, corrigiendo ciertos detalles y ampliando algunos datos de acuerdo con las nuevas aportaciones que se han producido en estos dos últimos años, pero ningún dato experimental hemos pedido sumar a los existentes, habida cuenta de que nuestro acceso a la cueva se interrumpió totalmente en 1977. Por esto, todos mis esfuerzos para completar los estudios termohigrométricos de la papilla caliza soporte de las pinturas, no me han permitido aún redactar el informe oportuno.

Las aportaciones fundamentales que podemos presentar ahora nos vienen de dos masas documentales que permanecían olvidadas:

Las existentes en los Archivos Centrales de la Administración en Alcalá de Henares y los documentos de don Alberto Corral, que nos ha facilitado su hijo don Santiago. Gracias a ellos, se puede reconstruir con bastante precisión la evolución material de la cueva, base imprescindible para nuestro trabajo de conservación.

### I. EVOLUCION MATERIAL DE LA CUEVA

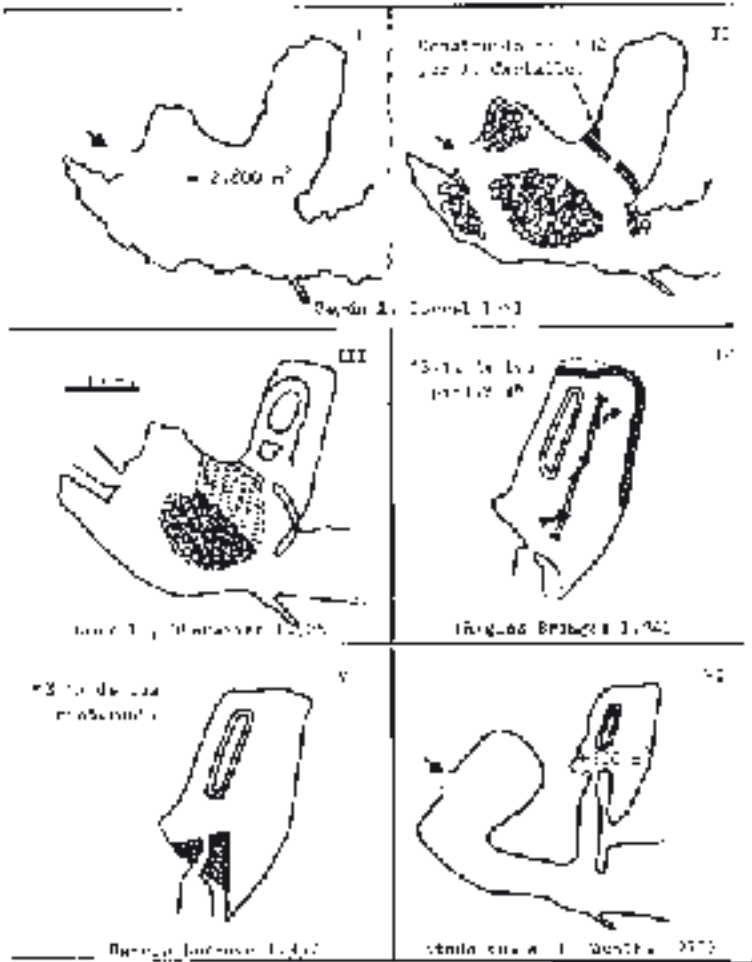
#### GENERALIDADES

Durante los últimos cien años, se han realizado en Altamira numerosas e importantes obras tendentes a facilitar la visita y proteger al público del peligro de desprendimiento de rocas de un techo que está muy fisurado y es casi plano.

Estos trabajos, realizados siempre con el mayor cuidado, bajo la dirección de eminentes ingenieros, prehistoriadores, etc., y bajo el control de los organismos oficiales competentes, fueron consiguiendo en cada momento los fines directos y primarios que se proponían, pero como efecto secundario, han ido transformando sustancialmente el recinto y su entorno construyéndose así una verdadera "sala de pinturas" recóndita y oculta que ha modificado básicamente las condiciones naturales de conservación.

#### LA CANTERA DEL SITIO DE JUAN MORTERO

La cueva de Altamira se descubrió hacia 1866 (1), a causa del hundimiento de alguna piedra en una cantera de la Sierra de Vispieres, estando una mitad bajo suelo del término municipal de Santillana del Mar y la otra mitad bajo el de Reocín. En la explotación de la cantera se utilizaron barrenos de pólvora, algunos de cuyos taladros aún se ven en el inicio de la arista rocosa que atraviesa



Esquema de las transformaciones realizadas en la cueva de Altamira.

la colina. Para el doctor Treserres (1880) (2), fueron la causa del agrandamiento paulatino de la entrada y, para las gentes del lugar, el origen de los derrumbes interiores, pero estos desprendimientos de rocas en el interior de la cueva no les son imputables, según Cartailhac y Breuil (1906) (3), pues se remontan a tiempos prehistóricos, a excepción de uno reciente que se produjo entre las dos primeras exploraciones de don Marcelino Sanz de Sautuola, en 1875 y 1879, respectivamente.

Una dramática versión de los posibles daños ocasionados por la cantera se debe a Breuil y Obermaier (1935) (4): "Poco faltó para que la cueva corriera serio peligro de hundi-

miento. Según hemos podido averiguar por el testimonio de los ancianos del país, pocos años antes de su descubrimiento se abrió, precisamente encima de ella, una cantera en la que se trabajaba con barrenos de pólvora que produjeron numerosas grietas, por las que se infiltró el agua de manera anormal, que resultaron muy peligrosas para las pinturas. De la antigua superficie protectora se arrancó una capa rocosa de metro y medio de espesor que causó, junto con las sacudidas producidas por los barrenos, el que cambiaran las condiciones de cohesión y estática de la roca. Se puede sostener sin exageración que durante los últimos cincuenta años, las pinturas han sufrido mayores deterioros que los que pudieron padecer en los diez o doce mil anteriores de clausura inviolable".

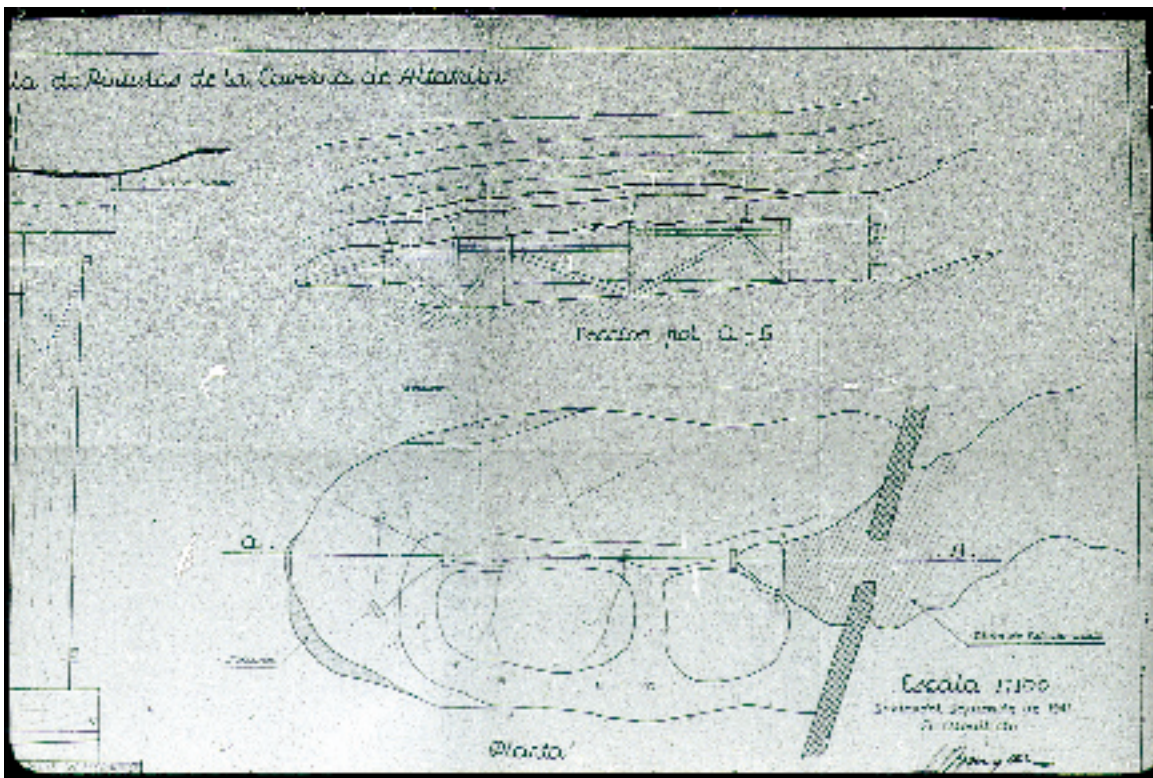
PRIMEROS AUXILIOS

A fines de 1879, don Marcelino Sanz de Sautuola hace instalar una puerta de madera en la entrada de la cueva, para protegerla contra posibles visitantes malintencionados (5).

En agosto de 1880, el ayuntamiento de Santillana del Mar manda cambiar la puerta de madera por otra de hierro (6) y arregla la entrada, que era muy pendiente, nivelándola de la forma que muestra M. Harlé en el plano que publicó en 1881 (7).

En 1902 y con los mil francos dados por S. A. S., el príncipe Alberto I de Mónaco, para "aislar del contacto del aire exterior la llamada sala de las pinturas, y que no pierdan el tono de su colorido" (8), se construyó un muro de piedra provisto de puerta, que separó la zona de las pinturas del resto del vestíbulo.

En 1906, Cartailhac y Breuil (9) describen el estado material del techo de los polícromos de la siguiente manera: "Una parte considerable del techo se mantiene en condiciones tan curiosas como amenazantes. La espesa capa de roca se ha desprendido entera del estrato superior. Pero al bajar se ha detenido



Proyecto para el apeo del techo formulado por los arquitectos F. Iñiguez y G. Bringas en 1941.

por las presiones laterales y se ha partido en grandes placas poligonales. Estos bloques se han presionado mutuamente y el conjunto se ha detenido formando bóveda invertida. Se ve completamente fisurado y, las grietas abiertas de esta enorme masa sólo inspiran una confianza muy limitada. En definitiva, es un formidable cubo de roca que se sostiene como por milagro sobre la cabeza del visitante y sobre el que, al parecer, la menor sacudida podría determinar la caída. El movimiento se inició en la antigüedad. El estudio de las pinturas que penetran en las grandes fracturas lo prueba. Pero también hemos visto que se ha producido un ligero cambio de dirección en las líneas que la atraviesan. El peligro es indiscutible. Aumenta."

Desde 1910 hasta 1923 aproximadamente, se realizan mejoras por la "Junta de Conservación de la Cueva" del ayuntamiento de Santillana, apuntalando piedras, abrien-

do caminos, etc., siendo vocal técnico don Hermilio Alcalde del Río.

Hasta 1905, la iluminación fue siempre con velas y ocasionó problemas de manchas en las pinturas (10). Después se utilizó el acetileno hasta que en 1932 se puso eléctrica (11).

### 3. EL PROYECTO DE DON ALBERTO CORRAL

En mayo de 1921, el ingeniero de Caminos don Alberto Corral y Alonso de la Puente, firma un proyecto para la "consolidación y restauración de la cueva de Altamira" (12), realizado a petición de los arqueólogos Padre Carballo y doctor Hugo Obermaier (13).

A este Proyecto adjunta un importante estudio topográfico de la cueva en dos planos de planta, cuatro secciones del vestíbulo y cinco secciones de la sala de las pinturas, y define los objetivos que son, esencialmente, como sigue:



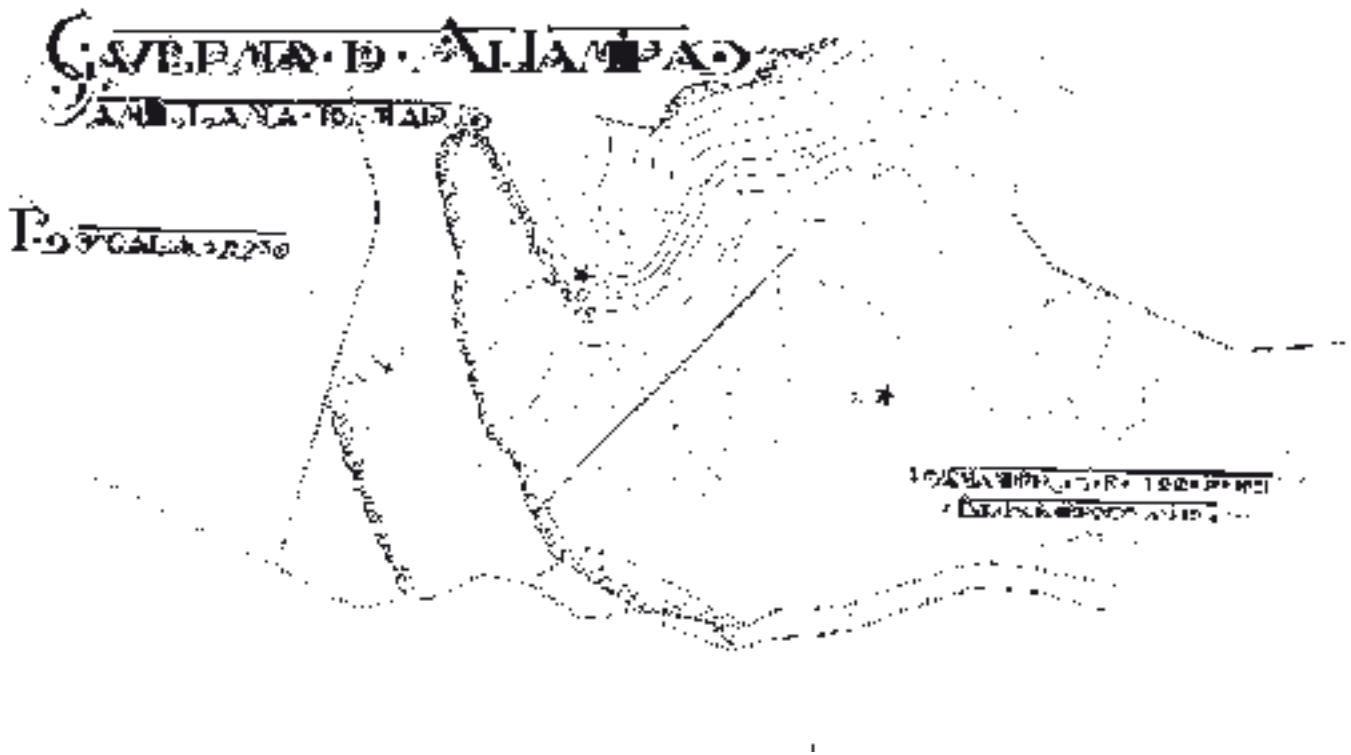
Planta de Altamira realizada por don Alberto Corral en 1921, para el proyecto de Conservación que le encargaron los arqueólogos profesores Carballo y Obermaier..

3.1. Eliminación de humedades de filtración en la sala de las pinturas, para lo cual comienza por quitar la ligera capa de tierra que cubre la roca en el exterior, rellenar todas las juntas y fisuras con un mortero hidráulico, extender sobre toda la superficie una capa de mortero portland, y hacer finalmente una cuneta de unos 40 m de longitud en el escalón de la cantera para recoger las aguas. Sobre el techo así tratado siembra prado.

3.2. Medios para evitar las condensaciones. Entiende el señor Corral que la gran humedad que existe en las paredes se debe a la condensación del vapor de agua atmosférico, y que interesa grandemente hacerlo desaparecer o al menos atenuar. Cree que la construcción del muro en la sala de pinturas ha sido perjudicial y que lo único eficaz sería una enérgica ventilación y, para conseguirla, propone: a) practicar pasos de aire en el muro de la sala de pinturas, suprimiendo la

puerta que hay en él; b) instalar dos chimeneas de ventilación, una cerca del fondo, en la parte ancha de la caverna y otra en la sala de pinturas, las cuales, para permitir 4 y 8 renovaciones del aire por día, necesitan unas secciones de 1,20 m y 0,75 m, respectivamente, debiendo practicarse unas galerías de 17 m y 10,5 m, que se perforarán en la roca para cada caso respectivo. En el interior de la caverna se disponen una serie de conductos de hormigón en masa y armado, para facilitar la comunicación del aire con las chimeneas.

3.3. Apuntalamientos. Puesto que el banco de las pinturas está desprendido del superior y surcado por numerosos planos de rotura, estando sujeto únicamente por el acodamiento producido gracias a su espesor de 60 a 80 cm, y que cualquier conmoción podría hacerlo caer, propone no tocar el muro de la entrada a la sala y proyecta reforzarlo en su función mediante un pilar de cemento de 1 m<sup>2</sup> de sección, situado dentro de la sala y



Localización de la cueva de Altamira en la topografía exterior, realizado por don Alberto Corral en 1921. Quedan señaladas las dos chimeneas de ventilación que proyectaba instalar para una más eficaz evacuación de las humedades (la localización la hemos marcado colocando ★).

frente a la puerta en donde no hay pinturas. También proyecta dos pilares para sustentar zonas peligrosas del vestíbulo.

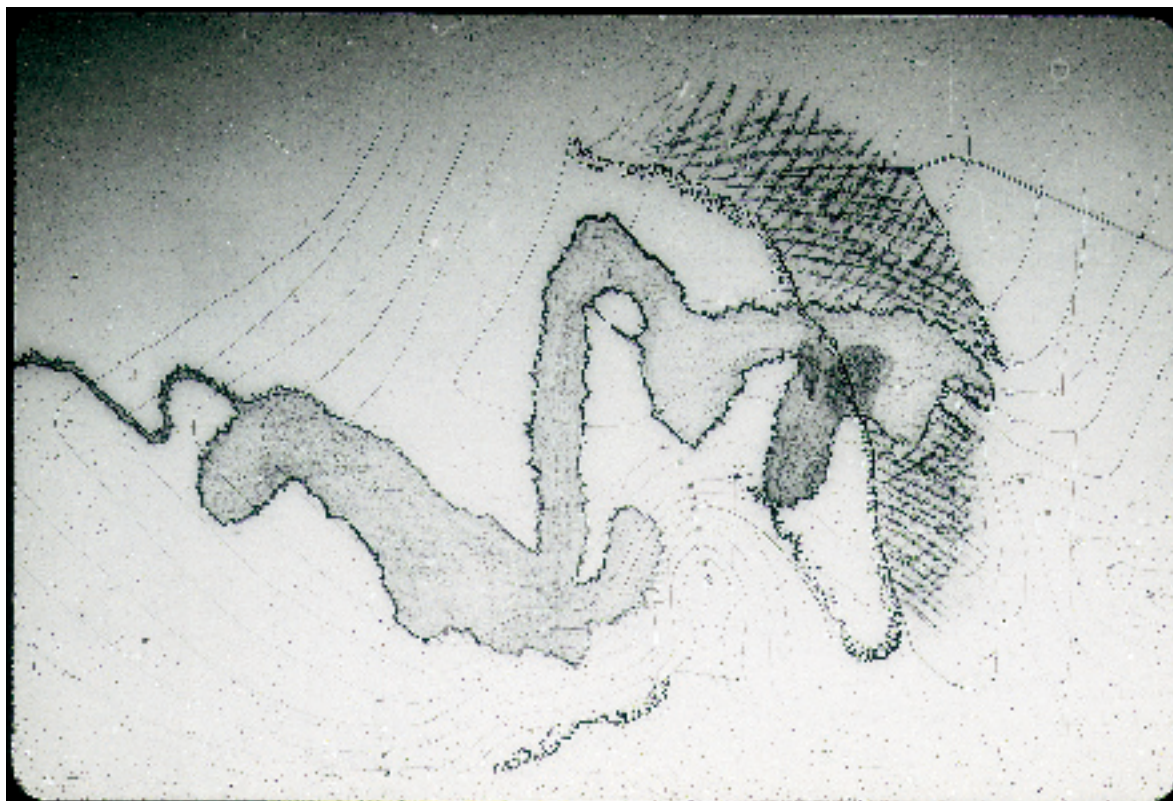
3.4. Aumento de la altura libre en la sala de pinturas. Proyecta desmontar el piso hasta conseguir una altura mínima de 2,20 m, dado que aún en los puntos de mayor altura se alcanza con la mano a las pinturas y en muchos sitios llega a ser imposible la circulación sin exponerse a rozarlas.

3.5. Construcción de un camino, de 1,20 m de ancho con piso de gravilla, siguiendo casi en absoluto los pasos ya habilitados. 3.6. Alumbrado eléctrico, colocando 21 focos de 500 bujías en la cueva y 5 focos de 32 bujías en el estrechamiento final. 3.7. Otros trabajos. También proyecta la construcción de una carretera hasta la caverna y una casa para el guarda. Esta casa la sitúa sobre la sala de pinturas y junto a la salida de la chimenea de ventilación, puesto que "además de ser

el punto conveniente por todos conceptos, tendrá la ventaja de poderse disponer del tiro de su cocina en forma de activar el de dicha ventilación".

Insiste el señor Corral en que todas las obras serán dispuestas lo más rústicamente posible con el aspecto más natural, así como que en los trabajos no se utilizarán explosivos ni nada que pueda determinar vibraciones de importancia para el equilibrio de los bancos de roca. Finalmente prevee una partida para las excavaciones arqueológicas que se deben realizar.

El 8-5-1924 se aprueba el proyecto por la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades de la Dirección General de Bellas Artes, recibe favorables los informes preceptivos de las reales academias de la Historia y de Bellas Artes de San Fernando, y se aprueba por R. O. del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes de 2-8-1924..



Esquema de localización del frente de cantera sobre la planta de la Cueva.

#### 4. LOS TRABAJOS DE LA "COMISIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA CUEVA DE ALTAMIRA".

Esta Comisión, conocida también como "Junta Protectora de la cueva de Altamira" (4), y como "Junta Administrativa y de Exploración de la cueva de Altamira" (14), se nombró por R. O. de 29-12-1924 para entender en la parte científica y administrativa del Proyecto del señor Corral, encaminado a la conservación de las pinturas y a las obras precisas para el acceso de un número cada vez mayor de visitantes. Estaba presidida por el excelentísimo señor duque de Alba, actuando como vicepresidente el señor Corral, y siendo vocales el profesor Obermaier y el arquitecto don Gonzalo Bringas, entre otros.

Los trabajos se realizaron entre 1924 y 1928 (4), y de lo que se hizo vamos teniendo conocimiento por las publicaciones de los arqueólogos y los informes de otros técni-

cos que posteriormente se encargaron de la conservación de la cueva y, también, por la observación directa y las indicaciones del personal técnico de Altamira, aunque no siempre es fácil saber lo que se hizo en cada momento por las superposiciones existentes mimetizadas a veces con gran habilidad.

4.1. Esquemáticamente (4), en la edición de 1935 de la obra de Breuil y Obermaier leemos lo siguiente:

a) Publican una serie de fotografías mostrando, una el aspecto del terreno sobre la cueva transformado en prado (la publicada en 1906 enseña un monte bajo de ¿*Quercus*?), otras dos fotografías dejan ver la sala de pinturas durante las excavaciones del suelo, unas cuantas más muestran las carreteras, la verja de entrada a la cueva y la Casa-Museo que no fue construida sobre la sala de pinturas, sino más a la derecha y lejos de la cueva, y al final del libro insertan una serie de fotografías



de las pinturas muy importantes para posibles comparaciones con las que se publicaron en 1906 y las más modernas de que se dispone.

b) De las excavaciones en el vestíbulo nos dicen que no pudieron descender a más de 2,5 m, porque “al romper en trozos los grandes bloques calizos a martillazos, provocaron numerosas veces la caída de pequeños pedazos de roca del techo actual” (15), y más adelante informan (16) de que a causa del desprendimiento de una gran piedra que “estuvo a punto de originar la muerte de Obermaier y de un obrero”, se construyó un muro ciclópeo de unos 400 m<sup>3</sup> de bloques de piedra para sustentar esa zona del techo.

c) En una sección de la sala de pinturas (17) indican la zona del suelo que fue rebajada.

d) En el plano general de la cueva (18) aparecen señalados los distintos muros que se construyeron para sustentar el techo.

e) Mencionan sin detalles la inyección de cemento en fisuras del techo (19).

4.2. En el acta de la Junta celebrada en 1928 en Santillana del Mar (20) se lee:

“Para consolidar aún más el banco de roca sobre el que están las pinturas, se dieron en el mes de noviembre pasado inyecciones de cemento en las grietas más importantes, operación que hubimos de limitar a las grietas de la parte central, porque corriéndose el mortero por las demás amenazaba aparecer en algunas de las que se extienden por las partes pintadas, con peligro de estropear estas. Se ha consolidado mucho el banco de roca con tal operación y no creemos se precise por ahora otro trabajo de esta índole”.

4.3. En la Memoria Explicativa de la Actuación y Gestión Administrativa de la Junta durante el año 1931 (21), leemos: “En el interior de las cuevas se han limitado nuestros trabajos a la conservación ordinaria, sin haber notado variación en su estabilidad ni su estado higrométrico, punto muy importante



Detalle de los taladros para los barrenos de pólvora empleados en la cantera.

en la de las pinturas para la buena conservación de las mismas, comprobación que se hace diariamente, para lo que se ha instalado un higrómetro en la sala de las pinturas”.

## 5. EL PROYECTO IÑIGUEZ/BRINGAS

El 22 de julio de 1941, el arquitecto don Gonzalo Bringas realiza un proyecto para reparar los daños causados por un huracán en los edificios de Altamira y especialmente en la caseta de W. C. que aparece construida sobre el techo de la cueva, bastante cerca de la sala de pinturas. También propone exterminar una porción de hongos que aparecen por efecto de la madera que sirvió para los apeos y que quedó dentro de los macizos de hormigón; además, proyecta en la sala de pinturas,



Banco de piedra caliza en la cantera de la Sierra de Vispieres en el que apareció una entrada a la cueva de Altamira.

rebajar el suelo como medio metro por cinco en cuadro.

Hacia el mes de agosto visitó la cueva el arquitecto don Francisco Iñiguez Almech, comisario general del Servicio de Defensa del Patrimonio Artístico Nacional y en oficio al director general de Bellas Artes, de 8-9-1941, analiza la situación material de Altamira en dos aspectos principales, uno sobre la necesaria mejora estética en la feísima disposición de bloques gigantescos de hormigón, que no es urgente, y el otro con respecto al peligro de hundimiento del techo de los policromos que considera de extrema urgencia (22), proponiendo instalar un apeo provisional de madera para que, ya sin peligro, se pueda estudiar a fondo los métodos para sustentarlo más definitivamente si así fuera necesario. Dice que el techo está en estado

muy peligroso, definiéndolo en forma similar a lo que ya conocemos, señalando que está desprendido de los estratos superiores, roto y con una depresión perfectamente acusada en la zona central. Describe el intento que se hizo años antes para rellenar el espacio vacío entre estratos inyectando hormigón por una de las rajadas, y opina que no fue ninguna solución sino más bien un perjuicio, pues sólo ha supuesto una sobrecarga añadida a este estrato y al que no suelda ni poco ni mucho con el resto. Tampoco cree eficaz la labor hecha de rejuntar las grietas de la roca con cemento y acuñando pieza a pieza, por ser este conjunto opuesto en sentido y función a las dovelas de un arco, por lo que a una carga mayor corresponderá una mayor separación. Recuerda finalmente el peligro de las filtraciones de agua en el techo de las pinturas.

Al realizar el proyecto (23) se construyen al fondo de la sala unos muretes en las zonas señaladas como socavones en la figura 4. Para estudiar el estado de seguridad en que se halla la cueva, se crea por O. M. de 24 de diciembre de 1941 una Comisión especial encargada también de formular la oportuna propuesta de consolidación si existiera peligro.

## 6. EL PROYECTO GARCÍA LORENZO

El 1 de abril de 1957, el ingeniero de caminos don Alfredo García Lorenzo redacta un "Informe sobre la Conservación de la cueva de Altamira" que ataca dos aspectos fundamentales como son la estabilidad de la cueva y la permanencia de las pinturas.

En el primero de ellos analiza distintas posibilidades para evitar el "deshojamiento", mediante un cosido total de los estratos realizado desde el exterior con cepos de hormigón, o con un cosido parcial desde el interior colocando hacia arriba "pernos de anclaje" como los de las minas, o mediante construcción de pilares sustentadores. Adjunta un proyecto para la sustitución del apeo provisional de madera colocado en 1941, mediante un muro de fábrica recreciendo en forma de cuña el muro de la entrada a la sala de pinturas, insistiendo en que este apeo de madera "no ha cumplido nunca ninguna función eficaz, que no la cumple ahora y que tampoco ejercería ningún efecto positivo sustentador en el caso de que la bóveda iniciase cualquier movimiento" (24).

Respecto a la estabilidad de las pinturas, propone aislar la cueva del ambiente exterior mediante cierre de doble puerta, sustituir el alumbrado de incandescencia por tubos fluorescentes provistos de filtros U. V. así como estudiar las características climáticas de la cueva y seguir muy de cerca los resultados que se obtengan en Lascaux con el empleo de aparatos para la regeneración artificial del aire.

Finalmente y con carácter de especial recomendación, señala que para la mejor conservación de las pinturas se debe llegar, previo estudio, a un régimen restrictivo de visitas a esta caverna.

## 7. ULTIMAS INSTALACIONES

En la década de los sesenta el Patronato de las cuevas Prehistóricas de la provincia de Santander hizo construir cerca de Altamira tres pabellones de poca altura y se mejoraron los servicios de infraestructura habilitándose también una gran explanada para aparcamiento de vehículos. Con todo esto fue aumentando la capacidad de recepción de visitantes que han hecho de Altamira uno de los grandes focos turísticos, aunque en los meses de verano sólo una pequeña parte de ellos podían entrar a ver las pinturas.

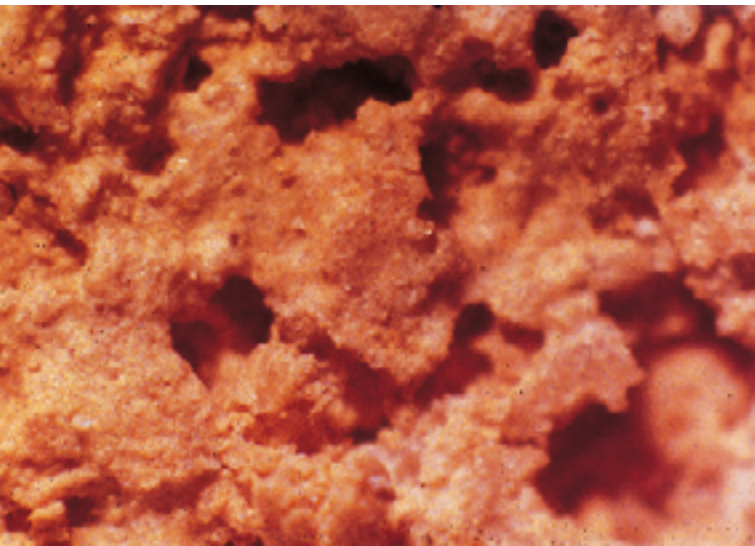
## II. MATERIALES DE PINTURA EN LA CUEVA DE ALTAMIRA

### 1. OPINIONES SOBRE LA TÉCNICA DE LAS PINTURAS

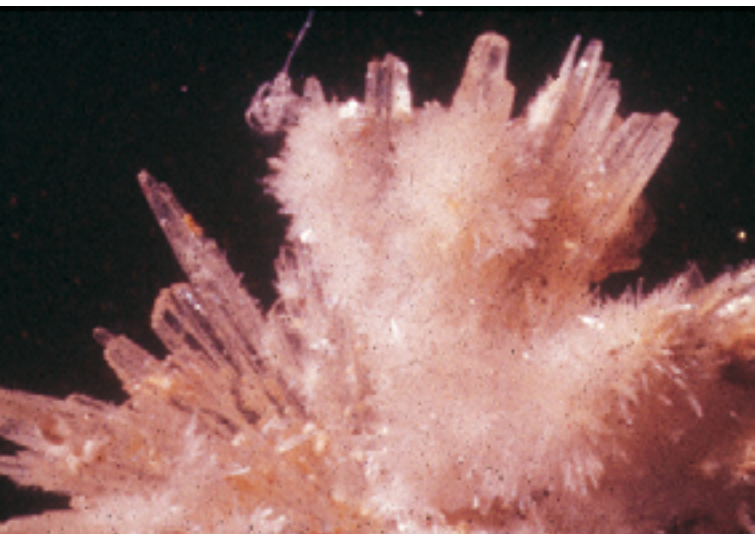
Para don Marcelino Sanz de Sautuola (1880) (25), están pintados "al parecer con ocre negro y rojo". El profesor Harlé (1881) (26) opina que están trazados con ocre rojo y carbón utilizando pincel. Vilanova (1882) (27) dice que se hicieron con ocre naturales negro, amarillo y rojo y el señor Lemus (1886) (28) cree que están hechos con pincel y negro de humo o de hueso, siendo estas algunas de las opiniones más representativas, basadas en la observación de las pinturas con la débil iluminación de las velas.

Más tarde, utilizando lámparas de acetileno, Cartailhac y Breuil (1906) (29) distinguen ocre de color rojo, negro, marrón y amarillo variado, estando dados a pincel.

Con ayuda de la luz eléctrica y utilizando proyectores móviles, Breuil y Obermaier (30) realizan en 1925 un estudio detenido, observando ciertos tonos violáceos de los ocre



Macrofotografía de la papilla caliza sobre la que se asientan las pinturas.



Fotomicrografía de las neoformaciones calcáreas, denominadas "enfermedad blanca" de las pinturas rupestres.

y algunas manchas más violetas aún. Para ellos, los artistas emplearon como materias colorantes el carbón vegetal, tan abundante en los hogares; el ocre y la hematites les proporcionaron el rojo, el amarillo y el pardo; no hay ni azul ni verde pero si algunos tonos violáceos seguramente sacados del Manganese. Respecto a la posible técnica de aplicación utilizada, opinan que estos materiales fue-

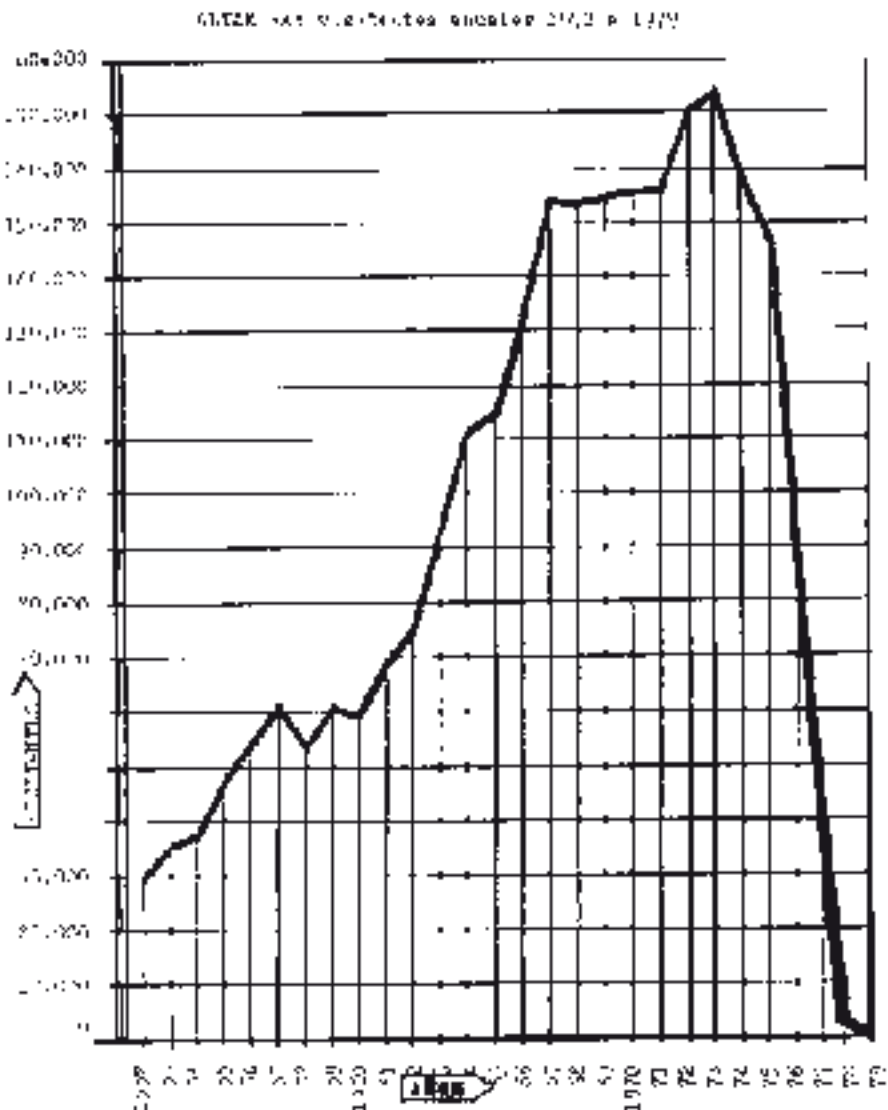


Detalle de la cabeza de la Cierva mostrando la decoloración de la cabeza y cuello, al otro lado de la grieta.

ron, de ordinario, reducidos a polvo fino, al que agregaron sustancias pegajosas (grasa, resina, suero de sangre, jugos vegetales, etc.) para obtener, mediante el fuego, una pasta semilíquida susceptible de ser aplicada a la roca con el dedo o con un verdadero pincel, ejecutando así una especie de pintura al óleo.

Para Pietsch (1964) (31), es muy difícil definir con exactitud los matices cromáticos observados, pues dependen no sólo de las diferentes "temperaturas de color" de los distintos iluminantes como de las variaciones en el "contenido de humedad" en las pinturas. Para él, la extensa gama de colores desde el amarillo hasta el violeta pasando por el marrón y el rojo, son almagre y ocre de óxido de hierro, y los colorantes negros óxido manganésico y carbón vegetal. Cita la opinión del investigador Martín de que estos óxidos de hierro o manganeso han reaccionado con la roca caliza transformándose en ferrito o ferrato cálcico y manganito o magnato cálcico respectivamente, pudiendo clasificarse como un tipo de fresco natural.

En 1977, el doctor Martí (32) analiza con técnicas de Rayos X unas muestras tomadas



del techo, en la zona a la derecha de la gran grieta y fuera por tanto del gran conjunto principal de los policromos, identificando en las muestras de pigmentos y soporte los siguientes constituyentes: 1. muestra representativa de soporte rocoso, una mezcla de Ortoclasa y Carbonatos de Calcio, Hierro y Potasio; 2. pintura roja, con Limonita y trazas de Goethita, y 3. pintura negra, con  $Mn_2O_3$  y  $MnO$ , así como dos líneas que pudieran pertenecer a C, posiblemente resto de carbón vegetal.

Desde un punto de vista general, Margival (1959) (33) estudia los conocimientos sobre los pigmentos y las pinturas de la antigüedad prehistórica, indicando que, de todos los colores utilizados, sólo se pueden señalar los productos siguientes:

Negros. De carbón, de hueso, de Manganeseo; grafito.

Amarillos. de ocre, de óxidos de hierro.

Marrones. Arcilla ferruginosa.

Blancos. Calizos, Yesosos, Kaoliníticos.

Rojos. ocre, óxidos de hierro.

## 2. LOS PIGMENTOS DE LAS EXCAVACIONES DE ALTAMIRA

A principios de siglo excava en Altamira don Hermilio Alcalde del Río (34) obteniendo entre otras muchas cosas importantes, residuos de carbón de huesos y muy abundantes fragmentos de ocre de hierro "que han supuesto más de tres kilos" algunos de ellos con marcas de haber sido usados; también obtuvo numerosos guijarros manchados de ocre de los que se sirvieron para preparar el color, mientras que el manganeso y el amarillo de ocre ferroso sólo se han encontrado en mínima cantidad.

En las excavaciones de 1924-25, el profesor Obermaier (35) encontró "lápices de ocre rojo y amarillo de distintos matices, carbón de madera y marga blanca grisácea (que), representan los materiales utilizados para la confección de los colores". En un informe de 1929 (36), Obermaier dice que también encontraron "restos de ámbar, fósiles y cristal de roca, así como también materias colorantes ocre, óxido de hierro y marga. Parte de estas materias colorantes se presentan en bruto, que luego se laboraban triturándolas y mezclándolas con grasas o con sangre; otros son verdaderos "lápices de dibujo" pues están afilados en sus extremos".

Toda esta colección se encuentra actualmente guardada en dos cajas del Museo de Altamira. Pietsch (31) publica una buena fotografía a color de algunas de las muestras entre las que se ve el rojo, negro, gris plomo, blanco marfil con el título "Muestras de ocre y manganeso de la cueva de Altamira".

Una descripción más matizada de estas muestras, clasificándolas en grupos lo más homogéneos posibles, nos servirá de referencia para todo lo relacionado con su estudio:

1. Veintidós fragmentos de ocre terrosos de distintas tonalidades (en una caja todos juntos, parecen menos importantes que el resto de las muestras que se encuentran juntas

en otra caja).

2. Seis trozos de piedra de Hematites, muy duros y con muestras de haber sido raspados intensamente en distintas caras.

3. Tres fragmentos de Oligisto de color rojo violáceo, todos de gran dureza y uno con muestras de haber sido raspado en una cara.

4. Cuatro fragmentos de ocre, bastante compactos y con posibles raspaduras, de tonalidades rojo intenso, marrón, amarillo oscuro y amarillo claro respectivamente.

5. Tres conchas de lapa conteniendo restos de pigmentos preparados, dos con manchas de ocre rojizo y una con un poco de color negro.

6. Una concha de lapa llena de pigmento preparado de color blanco, mostrando en la superficie marcas como de arañazos causados por toscos filamentos. Una masa de pigmento blanco preparado, similar al anterior y con aspecto de haberse desprendido de su concha de lapa.

7. Masa de pigmento de color gris plomo, amasada como en forma de panecillo, con la superficie muy lisa y en la que también se ven arañazos como los del blanco.

8. Dos pequeños fragmentos de pigmento preparado de color rosado.

9. Un diente de caballo carbonizado..

10. Un trozo de ámbar en forma de masa redondeada, muy cuarteada y frágil.

### 2.1. Resultados analíticos

Los métodos empleados son, esquemáticamente: Difracción de Rayos X, en diagramas de polvo y técnicas de Agregados Orientados, con Etilenglicol y tratamiento térmico para los minerales de arcillas, análisis elemental semicuantitativo de espectrografía de emisión (37) y microscopia óptica. Los resultados obtenidos nos indican lo siguiente:

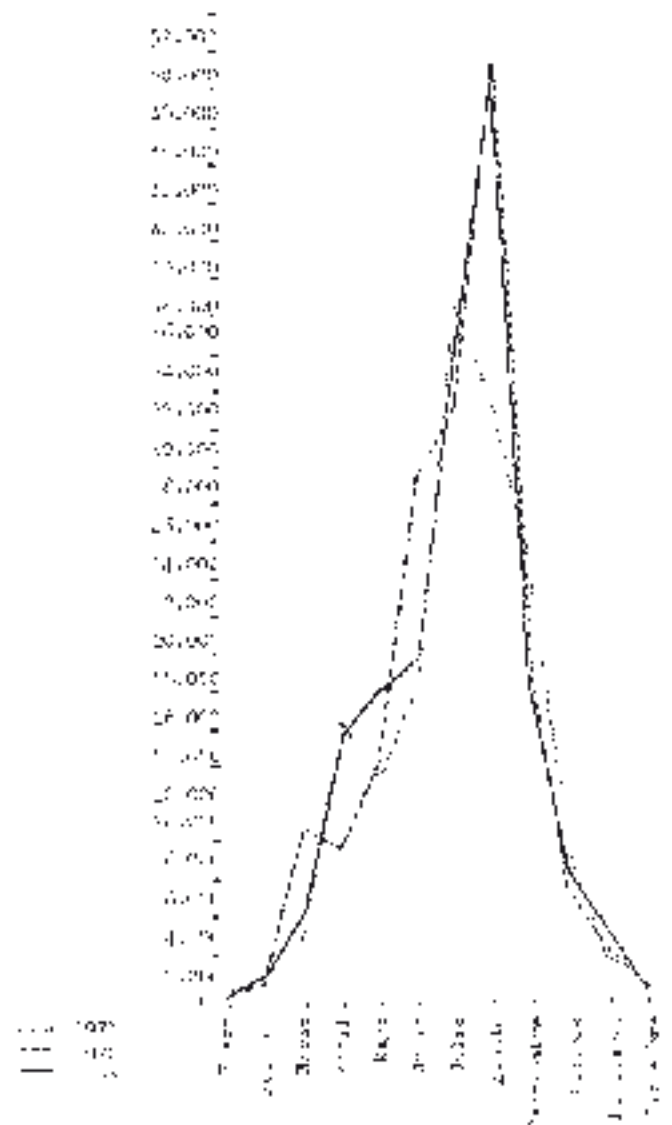
Grupo 1: Estos veintidós fragmentos de ocre, terrosos y poco compactos, contienen agua en cantidades variables superiores al 6

por 100. Como elementos minerales contienen Hematita y Goethita y están muy impurificados por minerales de arcilla, Cuarzo y Oxidos de Manganeso principalmente, conteniendo también cantidades variables de Carbonatos de Calcio y Magnesio. Aunque la proporción de todos estos constituyentes varía considerablemente de unas a otras, desde nuestro punto de vista parece que el color rojo se debe a la Hematites y, a medida que su concentración disminuye aumentando la de los otros minerales, la intensidad del rojo decrece hacia tintes marrones o amarillentos. En los más amarillos, el color se debe fundamentalmente a la Goethita, aumentando considerablemente los Carbonatos.

Grupo 2: Todos estos "lápices" han dado a los Rayos X una composición similar, con más del 95 por 100 de Hematites y un pequeña cantidad de Micas como mineral de arcilla. Son muy compactos, de aspecto externo marrón pero de color rojo intenso al ser raspados dan partículas muy finas, opacas a la luz transmitida y contienen trazas de Mn, Ti y Cu. El contenido de agua es prácticamente nulo.

Grupo 3: De color rojo violáceo, muy compacto y casi sin humedad, tienen una composición mineralógica de Hematites (más del 90 %) y Cuarzo. Al microscopio vemos grandes cristales transparentes de un rojo muy vivo y su composición elemental muestra, además del hierro y silicio, Al = 1,7 %, Mn = 0,35 %, Mg = 0,2 %, Ca = 0,15 % y trazas de Cu, por término medio.

Grupo 4: Ocreos relativamente compactos pero fáciles de disgregar con el mortero, tienen la siguiente composición: el "rojo intenso" es a base de Hematites, Calcita y Dolomita, siendo en realidad una mezcla de carbonatos impurificados por Hematites, dando un color rojo muy vivo, el "marrón" contiene Cuarzo y Hematites, aproximadamente en la misma proporción, algunos hidróxidos de hierro como Goethita y amorfos y algo de



Estadística de visitantes de la cueva de Altamira durante los años 1971m 1972 y 1973 (segun E. Ripoll)

micas como minerales accesorios; la muestra de color amarillo oscuro" está formada fundamentalmente por Goethita, viéndose al microscopio una pequeña proporción de amorfos y minerales de arcilla y, el "amarillo claro" contiene Calcita, Dolomita y muy poca cantidad de hidróxidos de hierro, viéndose estos como amorfos en microscopía y presentando la muestra, en general, el aspecto característico de algunas alteraciones de car-

bonatos en los que el hierro se presenta como impureza.

Grupo 5: En las manchas rojas se identifica Hematites. La masa de color negro adherida a la concha de lapa, al ser examinada en el binocular, muestra una composición terrosa, impregnada de partículas de carbón de distintos tamaños y mezclada con pedacitos de huesos, fragmentos de conchas, etc. En su aspecto y composición general, es muy similar a la tierra ennegrecida de la zona excavada en la cueva, compuesta igualmente por residuos de alimentos y carbones del hogar. Entre los restos carbonosos existen algunas partículas de tamaño suficiente para mostrar que la estructura es leñosa; otras, muy escasas sin embargo en esta muestra, muestran una estructura compacta y dejan abundante residuo a la calcinación en que se identifican fosfatos, lo que permite identificarlas como procedentes de la carbonización de huesos, dientes, cuernos, u otros elementos de origen animal.

Grupo 6: El color blanco es una masa de arcilla compuesta fundamentalmente por Mica (78 %) y Cuarzo de grano muy fino (22 %), mostrando una estructura filamentosa muy diferenciada. El estudio de rayos X con técnicas de agregados orientados pone de manifiesto que los filosilicatos de la arcilla son fundamentalmente una llita de bajo grado de cristalinidad. El examen microscópico deja ver mezclados con el pigmento unos pequeños y no muy abundantes fragmentos de materia orgánica, angulosos, transparentes y de color amarillo similares al ámbar molido que veremos más adelante. El pigmento se deshace fácilmente en agua fría, pero en la disolución, ni fría ni caliente, no encontramos ningún tipo de compuesto orgánico al que podamos atribuir una función de aglutinante. La otra muestra de pigmento blanco tiene iguales características.

Grupo 7: El amasado de color gris plomo, tiene una composición mineral muy parecida

a la de las muestras de color blanco aunque presenta diferencias muy interesantes. Las micas representan un 75 %, aproximadamente, y más del 20 % es de Cuarzo, viéndose en el microscopio la presencia de partículas de ocre y de carbón a las que quizás se deba atribuir el oscurecimiento añadido. La fracción de micas está compuesta en un 90 % por una llita con un grado de cristalinidad más elevado que en las muestras anteriores de blanco, y también existe un 10 % de montmorillonita. Como antes, también se observan en el microscopio pequeños y muy escasos fragmentos de una materia similar al ámbar molido. Se deshace fácilmente en el agua fría, pero no se puede extraer un producto orgánico asimilable como posible aglutinante.

Grupo 8: Este pigmento rosa, tiene una composición mineral a base de Calcita, Caolinita, Cuarzo y Clorita. El microscopio deja ver algo de ocre rojo y un poco de carbón, capaces para justificar el tono de la muestra. Se deshace por el agua fría que no deja residuo útil al evaporarse. Bajo el microscopio también vemos partículas similares a las de ámbar, como en las otras muestras.

Grupo 9: Un trozo de carbón animal, identificable por su aspecto externo con los dientes de caballo que aparecieron en las excavaciones. Triturando este carbón, se obtiene un pigmento negro similar en todas sus características externas, microscópicas y microquímicas, al que identificamos como negro animal en varias muestras de Altamira.

Grupo 10: Este trozo de ámbar es sin duda el recogido por Obermaier en 1925. Ha podido ser identificado por el doctor John S. Mills (38) con una muestra de ámbar estudiada por él hace años, y que se conserva en el British Museum (Natural History), n.º 21339, "Spanish Amber from near Santander", y posteriormente también fue comparada con éxito con muestras del Museo de Ciencias Naturales de Madrid, procedentes de la costa de Comillas y del carbonífero de Santander.





Conjunto de los materiales de pintura sacados de las excavaciones arqueológicas en Altamira, base para los análisis de nuestro estudio.

Para el doctor Mills, es una auténtica resina fósil procedente de algún tipo de conífera y las diferencias que se observan en el espectro de absorción I. R., especialmente la amplia banda de absorción que presenta la de Altamira entre  $1530$  y  $1680\text{ cm}^{-1}$ , demuestra que debe atribuirse a grupos carboxilos ionizados que, debido a su comportamiento como una resina natural de cambio iónico, han reaccionado en el suelo calizo y húmedo de Altamira formando la sal cálcica del polímero.

Con base en este conocimiento, hemos acometido el estudio del componente que parecía ámbar en las muestras de pigmentos de los grupos 6, 7 y 8, anteriormente exami-

nados: tratando las muestras con clorhídrico diluido, y luego lavando y secando la muestra, se extrae con cloroformo caliente una pequeña cantidad de sustancia cuyo espectro de absorción I. R. es igual al del ámbar.

Nuestra opinión es que el ámbar molido se utilizó como pigmento para mezclarlo con otros, con preferencia a la hipótesis de que se trate de una resina utilizada como adhesivo de los pigmentos.

### 3. LOS PIGMENTOS DEL TECHO DE LOS POLICROMOS

Basándonos en las precisiones establecidas, hemos examinado el techo de Altamira muy detenidamente, primero a simple vista y

luego, en algunas parcelas, con ayuda de una lupa binocular, observando que casi todos los colores encontrados en las excavaciones están allí representados. Se podría poner algún reparo a la existencia del color rosado, pues sólo creemos poder apreciar unas manchas pequeñas y, por su composición a base de ocre rojo como elemento colorante tiene una composición que es casi la normal para cualquier punto del techo.

Para abundar con alguna técnica más penetrante en estas apreciaciones visuales, hemos creído posible reforzar el análisis mediante la observación al microscopio de imperceptibles muestras tomadas también con ayuda de un microscopio binocular.

Hemos rechazado la utilización de técnicas de fluorescencia de rayos X directamente aplicada al techo de la cueva con un equipo portátil que utiliza una fuente radiactiva. Pensamos que dar una dosis de radiación a estos materiales, sobre los que quizás un día convenga aplicar termoluminiscencia para datar las formaciones calcílicas o algo aún no previsto, se debe evitar en lo posible y, máxime, cuando no es razonable esperar de esta técnica una información de calidad más superior a la que puede dar el microscopio óptico, en el caso nuestro.

Por esto hemos aceptado la responsabilidad de tomar pequeñísimas partículas de color en los 17 puntos que indicamos en el esquema adjunto, montando con ellas sendas preparaciones en bálsamo de Canadá.

Al color negro corresponden diez de estas muestras, n.º 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 13 y 14. En todos los casos las partículas de pigmento son de carbón, siendo imposible el diferenciar microscópicamente si es de madera o de huesos animales, pues están muy finamente molidos. En la muestra n.º 2 vemos también unas pocas finísimas partículas amorfas que pudieran ser de "negro de humo", debido a las velas de los visitantes, lo que justificaría el aspecto estropeado de la pintura en ese punto

por una operación de limpieza realizada; la similitud del negro en los tres puntos 1, 2 y 3 muestra con elocuencia que no debe atribuirse a un repinte. Para intentar diferenciar si el negro es de madera o animal, hemos aplicado a una pequeña partícula de la muestra n.º 1 un ensayo de fosfatos sobre el residuo abundante de la calcinación en lámina de Pt, siendo los resultados positivos, por lo que creemos más probable su origen animal, para las pinturas del techo.

El rojo de la muestra n.º 5 se debe a la hematites, en partículas muy similares a las de raspaduras de los "lápices".

El rojo violáceo de la muestra n.º 10 son cristales transparentes de un rojo muy vivo y con las mismas características ópticas del oligisto de las excavaciones, viéndose mezclados unos pocos trocitos poligonales como los que en muestras anteriores pensábamos que recordaban al ámbar molido.

Las muestras n.º 9, 12 y 16 corresponden al color gris plomo. En la primera de ellas, que es un trazo corto sobre el lomo del "bisonte barbudo", encontramos mezclado con el pigmento algún pedacito de eso que pensamos sea ámbar molido. La muestra n.º 17 corresponde al color blanco y contiene también algunos pequeños fragmentos de esa materia amarilla orgánica, aunque a simple vista es difícil de identificar el color por estar muy difundido con el amarillo del fondo. La muestra n.º 15 ha sido tomada de una mancha de color muy violeta que encontramos al otro lado de la gran grieta y frente a la entrada en la sala. Es un compuesto orgánico de color violeta, cuya naturaleza aún desconocemos. Proyecto de trabajo.

Habiendo podido profundizar un poco más en el conocimiento de estos materiales de pintura, quedan abiertas una serie de interrogantes cuyo estudio nos proponemos continuar:

1) Utilizando las muestras de negro encefaladas en las preparaciones microscópicas,

estudiar su contenido en fosfatos para definir el tipo de carbón en todas ellas.

2) Profundizar en el estudio del posible ámbar mezclado con los pigmentos, previo estudio pormenorizado de los posibles residuos dejados por la iluminación con teas de pino, velas, acetileno, etc., que pudieran afectar los resultados.

3) Continuar el estudio mono gráfico sobre los colorantes violeta naturales, a fin de poder algún día realizar sin error las comprobaciones oportunas con una mínima porción de la materia del techo de Altamira.

### III. LA CONSERVACION DE ALTAMIRA

#### 0. SUGERENCIAS TERAPEÚTICAS RAZONADAS

No conocemos aún cuáles serán las soluciones para Altamira; hemos pretendido dar una serie de datos que poseemos para que ayuden a trazar un programa de trabajo útil.

Mi interpretación razonada podría concretarse en los siguientes puntos:

0.1. Creo en la irreversibilidad de las transformaciones introducidas en Altamira. Se podría restaurar el monte bajo, minimizando así la amplitud de la onda térmica y, quizás, se pueda contrarrestar la capa de roca extraída en la cantera en algunos aspectos de su función original como puede ser la termohigrométrica. Pero no será posible extraer el cemento inyectado en las fisuras y me parece muy improbable que pudiera intentarse quitar los muros construidos que encierran la sala de pinturas, aunque pensemos, y quizás algún día se demuestre, que no están trabajando por no haber sido puestos en carga.

Parto pues de aceptar a Altamira, como a tantos otros monumentos, no sólo como portadora de una serie de modificaciones diagnosticables, sino más bien que ha alcanzado una nueva personalidad material con la que tenemos que asegurarle una larga vida, estu-

diándola y comprendiéndola lo mejor posible con esas características añadidas que son ya, muy probablemente, las suyas.

0.2. La conservación de las pinturas depende de que vivan en un ambiente, fundamentalmente estable, en el que: la sequedad excesiva no las desprenda, las goteras no las arrastren, el salitre del cemento no las altere y que las neoformaciones de Calcita no las oculten o las levanten empujadas por los microcristales que nacen.

Para conseguir esto, es necesario conocer y controlar los principales parámetros de los que depende el desequilibrio que las afecta, los cuales están conectados fundamentalmente con: las variaciones en el contenido y distribución de humedad en el techo y su temperatura, las variaciones en las características climáticas y el contenido en sales solubles, fundamentalmente.

0.3. Considero inalcanzable e irreproducible el estado original del equilibrio natural de la cueva, en el que se conservaron las pinturas durante milenios.

Si para otras cuevas es una buena solución el "volver a cerrar la puerta" con lo que las condiciones naturales se suelen restablecer con muy poca ayuda suplementaria, parece razonable pensar que en Altamira puede muy bien no ser así puesto que, por las modificaciones introducidas, no sabemos cuáles serán las nuevas condiciones y no tenemos datos ni experiencia que nos permitan representar en un modelo cuál será el comportamiento de las pinturas.

Hasta hace pocos meses he insistido en que no se modificarán las condiciones impuestas por un régimen de visitas moderado pues, aunque no estemos seguros de la total ausencia de daños, suponía un sistema relativamente estable en el que teníamos la experiencia de un siglo con el daño estimable que hemos visto, el cual parece atribuible fundamentalmente a estos últimos años por el excesivo número de visitantes.

El cambio operado en la cueva, al cerrarla, hace que el techo, esté completamente húmedo, que la temperatura sea otra, etc., y, siguiendo la misma línea de criterio, no estimamos conveniente que se vuelvan a realizar cambios, pues nada es más contrario a la estabilidad de las pinturas que la repetición de estos desequilibrios. Si se volvieran a abrir, pocos meses después yo defendería nuevamente que permanecieran siendo visitadas hasta que con estudios conociéramos el estado actual del problema, y así sucesivamente.

Considero imprescindible que se inicie sin demora el estudio de las condiciones actuales, y que utilicemos este conocimiento como punto de partida para determinar la evolución que puede estar produciéndose y las correcciones estabilizadoras de los principales parámetros que puedan conducirnos a la situación más adecuada.

0.4. La razonable inquietud que se sigue sintiendo por la estabilidad material del techo de los policromos, impone la necesidad de actualizar el estudio de este tema empleando los recursos que la ciencia de hoy nos ofrece.

0.5. La reproducción de Altamira no puede considerarse una técnica de conservación del original. La utilización de este modelo, tomado de algunos casos muy particulares, de bienes culturales muebles (esculturas de procesiones, etc.) y aplicado erróneamente a la escultura exenta en el exterior de las catedrales, etc., sería útil para conservar el turismo cultural y no la cueva.

Si se hiciera, propondríamos que se reconstruyeran en ella las características originales de Altamira que desde principios de siglo nadie ha podido ver ni valorar.

0.6. Estoy convencido de que la conservación de Altamira depende hoy principalmente de que se abandone ya la fácil y cómoda fórmula de copiar modelos, especialmente el establecido para Lascaux, pues según hemos mostrado Altamira es un problema específico y bien diferente.

Creo firmemente que las auténticas soluciones de largo alcance que Altamira necesita: 1.º, no pueden surgir ni de meter la cabeza debajo del ala confiando su conservación a unas condiciones naturales ampliamente diferentes a las originales ni de la aplicación de las rutinas técnicas de los restauradores tradicionales, recomponiendo los daños según ya propuso un alto funcionario; 2.º, las soluciones sólo las veo sobre la base de un diagnóstico obtenido de la estricta aplicación de la metodología científica para la conservación, imprescindible para el correcto tratamiento de cualquier monumento de primera magnitud.

## 1. PROGRAMA DE TRABAJO PROPUESTO

1.1. Punto de partida. En el estado actual de nuestros conocimientos, a la vista de las transformaciones irreversibles operadas en Altamira y de la evolución higrotérmica del techo de los policromos desde una "sequedad" en régimen de "apertura", a una "humectación" muy elevada (más de cien puntos de goteo) en régimen de "cierre", no poseemos ninguna razón técnica para definir la mejor o peor conveniencia del estado de "apertura" o de "cierre" para la mejor conservación de las pinturas. Si hace más de dos años, y por desconocimiento de la "evolución material de la cueva", revelada por nuestro estudio, se opinaba que el estado de "cierre" debería ser más adecuado, por lo que de "vuelta a las condiciones naturales" pudiera representar, actualmente sólo puede mantenerse que es necesario iniciar sin demora un "programa de estudios" capaz de permitirnos hacer un diagnóstico correcto.

Convencidos plenamente de la necesidad de desterrar las costumbres curanderas e implantar en Altamira una terapéutica razonada, proponemos el siguiente programa de trabajo, que se compone de cuatro capítulos fundamentales:

1.2. Estudio de la estabilidad de las pinturas. Se propone conseguir en el plazo

más corto posible, datos objetivos capaces de poner de manifiesto posibles daños que puedan producirse en las pinturas. Para ello se deben completar los siguientes estudios ya iniciados:

1.2.1. Estudio comparativo de macrofotografías estereoscópicas, con el procedimiento y los medios ya puestos en marcha, pero aumentando el número de puntos de seguimiento para una representación de mayor fiabilidad en el conjunto.

1.2.2. Estudio termohigrométrico, capaz de discriminar la importancia y la distribución en el tiempo y en distintas zonas, de las influencias que sobre el régimen de la cueva tienen los distintos factores naturales y artificiales.

1.3. Estudio de las posibilidades de restauración del volumen original. Se propone analizar, a plazo medio, la reversibilidad que puedan tener los grandes muros construidos que han reducido el volumen de aire, próximo a las pinturas desde unos 3.000 m<sup>3</sup> a menos de 280 m<sup>3</sup>, cuidando la acción mecánica que en la sustentación de piedras del techo puedan estar ejerciendo.

1.4. Estudios científicos de largo alcance para un mejor conocimiento de Altamira y de su entorno. Comprende cuantos estudios contribuyan a un conocimiento más y más completo, capaz de ir matizando paulatinamente cuantas acciones puedan tener una influencia cualquiera en la conservación de Altamira.

Su objetivo sería de "agotar el conocimiento" en estos temas y deberían proyectarse como tesis doctorales, programas financiados por fundaciones privadas, etc., incluyendo la problemática general de las cuevas con arte parietal en temas tales como los geológicos, litológicos, hidrogeológicos, datación, contaminantes, materiales de pintura, iluminación, climatología, etc., y aquéllos que en cada momento se estimen más adecuados.

1.5. Reproducción de Altamira. Se debe programar su estudio para determinar los

principales factores a tener en cuenta, tales como: lugar de instalación, volumen a reproducir, forma de reproducción, sistema de reproducción e instalación, etc.

## 2. MEDIOS MATERIALES DE QUE SE DISPONE

Aparte los medios instrumentales y humanos de que se dispone en las instalaciones de Altamira y en la Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, en colaboración con don Jesús Enderiz, hemos programado todo lo necesario para la realización de los estudios de estabilidad de las pinturas por macrofotografía métrica y de las variaciones termohigrométricas por control de la temperatura principalmente.

Respecto al control de estabilidad de la pintura, han sido realizados e instalados un equipo de soportes, mientras que la rutina de operación de tomas fotográficas le ha sido confiada al señor Cedrecos, del Museo de Prehistoria de Santander. Esto complementa de forma útil los estudios realizados anteriormente y aquéllos que vienen efectuando el equipo francés vinculado al L. R. M. H. de Francia.

En cuanto al control de temperatura, se ha programado actuar con tres equipos complementarios:

El primero de ellos consiste en un circuito de TV que permite obtener termogramas de la superficie de la roca con una diferencia de valores de 0,20 C. Se le denomina Termovisión y se utiliza en medicina. Hemos conseguido que el equipo existente en la residencia de Valdecillas, en Santander, sea trasladado a Altamira gracias a los buenos auspicios del excelentísimo señor presidente de la Diputación, y de esta manera, el doctor Santos Capilla, ha realizado una exploración con más de 30 fotogramas que servirá de punto de referencia.

Los dos equipos siguientes no tenemos posibilidad de conseguirlos fácilmente.

Por ello, hemos proyectado solicitarlos al Fondo de Ayuda a la Investigación. Estos equipos son:

a) Un termómetro de radiación marca Barnes, modelo PRT-5 de precisión mejor que 0,1° C, que permitirá obtener valores puntuales y de barrido en la superficie explorada.

b) Una unidad de cálculo Tektronix 4051 y otra unidad Fluke 2240A, alimentadas por cien sondas eléctricas para determinación de temperatura, humedad relativa, humedad absoluta en materiales.

Nos consta que el Proyecto de Ayuda Institucional, que formulamos en colaboración con don Jesús Enderiz a través de la Dirección General del Patrimonio Artístico, con cargo a los fondos del Acuerdo Complementario n.º 4 del Tratado de Amistad y Cooperación entre España y los Estados Unidos de Norteamérica, fue aprobado por un importe de unos 124.000 U. S. \$. ■

Madrid, junio de 1978

---

## NOTAS

(1) Madariaga, B y Sanemeterio, M.: "Escritos y documentos de Marcelino Sanz de Sautuola", Institución Cultural de Cantabria. Santander, 1976, p. 79.

(2) Treserres: "La Gruta de Altamira, 1", en El Impulsor Municipal. Torrelavega, domingo 15-2-1880, n.º 16. En la antigua imprenta del mismo nombre, que aún existe en la calle de los Mártires, 1, de Torrelavega, se conserva la colección casi completa. En la biblioteca Menéndez Pelayo, de Santander, están recogidos los más importantes artículos, aunque no todos, que han sido publicados en (1), pp. 234-256.

(3) Cartailhac, E. et Breuil, H.: "La Caverne d'Altamira á Santillane". Imprimerie de Mónaco, 1906, p. 4. (4) Breuil H. y Obermaier H.: "La cueva de Altamira". Madrid, 1935, p. 8.

(5) Opus cit. (1), p. 280.

(6) Opus cit. (1), p. 214 Y 228.

(7) Opus cit. (3), p. 3.

(8) "Conservación y defensa de la cueva de Altamira". Boletín de suscripción. Santillana del Mar, 23 de abril de 1910.

(9) Opus cit. (3), p. 66.

(10) Opus cit. (1), pp. 194-195; se lee que en los debates de la Sociedad Española de Historia Natural, de 1-12-1886, don Eugenio Lemus opina que las pinturas han podido hacerse con humo de bujía como "lo demuestra un Alfonso XII escrito allí de esta manera".

Ver también en Opus cit. (3), p. 5.

Igualmente en Oficio, de 20-3-1924, del delegado Regio de Bellas Artes al director general, denunciando que "encima de parte de los grabados y pinturas, algunos visitantes con el humo de las velas han trazado siluetas y nombres", en Archivo General de la Administración, Legajo 10.147/17.

(11) Opus cit. (4), pp. 1 y 8.

(12) Corral, A.: "Proyecto para la consolidación y restauración de la caverna de Altamira". Santander, 3 de mayo de 1921. En Archivo General de la Administración, Legajo 10.147/16.

(13) Carballo, J.: "Las grutas de Altamira: un sueño realizado", en El Diario Montañés, domingo 26 de agosto de 1928. Explica el estado de abandono en que se encontraba la cueva y que nadie, ni comerciantes ni gente culta, se interesaba por cuidarla, así como el peligro que suponía el posible hundimiento de la bóveda, y de cómo el marqués de Comillas concibió la idea de hacer una reproducción exacta en su parque mucho antes de que los americanos pensarán en reproducirla para Chicago. Ante el estado de abandono recurrió a S. M. el Rey: "Quiso él ver cómo se hacía la investigación científica de una gruta (Villaescusa)... Estaba el Rey en el fondo de una calicata; y cuando le dije que eso (el abandono) redundaba en desprestigio nacional ante los extranjeros, se puso erguido con el picachón en la mano suspendiendo el trabajo y fruncido el ceño, serio como nunca lo había visto, dijo con arranque: "Eso no puede continuar así; es necesario poner remedio cuanto antes". El Duque de Alba que estaba atento a cuanto hablábamos... dijo: "Corre esto todo de mi cuenta, S. M. no debe preocuparse más de ello..." "Cueste lo que

cueste no me faltarán amigos que me ayuden en la empresa.”

(14) R. O. de 13 de junio de 1925 del Ministerio de Instrucción Pública.

(15) Opus cit. (4).

(16) Opus cit. (4), figs. 162-163.

(17) Opus cit. (4), fig. 165.

(18) Opus cit. (4), fig. 1.

(19) Opus cit. (4).

(20) Acta de la Junta Administrativa y de Exploración de la Cueva de Altamira. Memoria del período de tiempo comprendido entre el 1 de agosto de 1927 y el 31 de julio de 1928. (21) Junta Administrativa y de Exploración de las cuevas de Altamira. Memoria Explicativa de su Actuación y Gestión Administrativa durante el año 1931.

(22) Archivo General de la Administración, legajo 10.147/16.

(23) Proyecto del arquitecto señor Bringas. Archivo General de la Administración, legajo 10.147/16.

(24) El informe de don Alfredo García Lorenzo lo estudió la comisión encargada de dictaminar sobre el estado de seguridad de la cueva de Altamira y le otorga su amplia confianza para la realización de los trabajos propuestos. (25) Tomado de Madariaga, B. y Sanemeterio, M.: “Escritos y documentos de don Marcelino Sanz de Sautuola”. Santander, 1976, p. 15.

(26) Tomado de Cartailhac, E. et Breuil H.: “La Caverne d’Altamira 11 Santillane”. Mónaco, 1906, pág. 8. (27)

Tomado de Opus cit. (2), pág. 11.

(28) Tomado de Opus cit. (1), pág. 187.

(29) Opus cit. (2), pág. 6.

(30) Breuil, H. y Obermaier, H.: “La caverna de

Altamira”. Madrid, 1935, p. 1.

(31) Pietsch, E.: “Altamira y la Prehistoria de la Tecnología Química”, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1964, pág. 50-51.

(32) Martí, J.: “Informe sobre los estudios realizados en las cuevas de Altamira”, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del C. S. I. C. Madrid, 1977. Toma muestras de 3-5 mg de pintura roja y negra en las manchas de color en la zona de la derecha fuera del conjunto principal; también analiza una muestra de arcilla y otras de soporte representativo y roca alterada de esa misma zona del techo, así como una formación estalactítica sobre el cemento en el techo de la entrada a la sala, y el depósito calcítico sobre el anca de la cierva. Utiliza difracción de rayos X (método de polvo) con técnica de Debye-Scherrer.

(33) Margival, F.: “Historie des Techniques de la peinture”, en Peintures, Pigments, Vernis, vol. 35 (1959), p. 523.

(34) Tomado de Opus cit. (2), p. 259.

(35) Tomado de García Guinea, M. A.: “Santillana y Altamira”, Everest. Madrid, 1976, pág. 64.

(36) Tomado de Madariaga, B.: “Don Hermilio Alcalde del Río”. Santander, Patronato de Altamira, 1972, pág. 244.

(37) Agradezco la colaboración que me han prestado don Andrés Escalera y don Antonio Caballero, del Instituto de Restauración y de la Universidad Complutense, respectivamente.

(38) Cartas del doctor John S. Milis, de 17-X y 7-XI-1977 conteniendo un informe detallado sobre la resina fósil en estudio.