


Memoria del  
seminario en  
conservación  
de vidrieras  
históricas

Santander,  
España

Julio de 1994

# Conservación de vidrieras históricas



Arquitecto Director  
D. Juan Bautista Lázaro  
Alberto Gonzalez  
Pintó + 1900







# Conservación de vidrieras históricas

Análisis y diagnóstico de su deterioro.  
Restauración.





# Conservación de vidrieras históricas

Análisis y diagnóstico de su deterioro.  
Restauración.

Actas de la reunión

Seminario organizado por The Getty Conservation Institute y la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, en conjunto con el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Santander, España  
4-8 de julio de 1994

*Coordinadores*

Miguel Angel Corzo, The Getty Conservation Institute  
Nieves Valentín, Instituto del Patrimonio Histórico  
Español, Ministerio de Cultura

THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE  
LOS ANGELES

Portada: Catedral de León. Detalle de la firma del arquitecto Juan Bautista Lázaro y del pintor Alberto Gonzales. Fotografía cortesía de IPHE.

Contraportada: Catedral de León. Otro detalle de la vidriera. Fotografía cortesía de IPHE.

Miguel Angel Corzo, *Coordinador*  
Nieves Valentín, *Coordinadora*  
Helen Mauchi, *Coordinadora de publicación*  
Fernando Cortés Pizano, *Traductor*  
Jeffrey Cohen, *Diseñador gráfico de la serie*  
Marquita Takei, *Diseñadora gráfica del libro*  
Westland Graphics, *Impresora*

Impreso en los Estados Unidos de América  
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

© por The J. Paul Getty Trust  
Todos los derechos reservados

The Getty Conservation Institute trabaja internacionalmente para promover la apreciación y conservación del patrimonio cultural del mundo para el enriquecimiento y uso de las generaciones presentes y futuras. El Instituto es un programa operativo de The J. Paul Getty Trust.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Conservación de vidrieras históricas: análisis y diagnóstico de su deterioro: restauración / [seminario organizado por The Getty Conservation Institute y la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, en conjunto con el Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales]; coordinadores de la conferencia, Miguel Angel Corzo, Nieves Valentín.

pm. cm.

Proceedings of an international seminar held in Santander, Spain, July 4–8, 1994.

Includes bibliographical references.

ISBN 0-89236-492-0

1. Glass painting and staining-Deterioration-Congresses. 2. Glass painting and staining-Conservation and restoration-Congresses. I. Corzo, Miguel Angel. II. Valentín, Nieves. III. Getty Conservation Institute. IV. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. V. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (Spain).

NK5304.5.C64 1997

748.5'028'8—dc21

97-23374

CIP

The Getty Conservation Institute agradece a la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo y al Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, por su participación en el desarrollo de este proyecto.



# Contenido

<i>Nieves Valentín</i>	1	Introducción
<i>Nieves Valentín, Fernando Cortés y Andrés Sánchez</i>	5	La conservación de vidrieras históricas. Estudios preliminares sobre la aplicación de sistemas gelificados
<i>Miguel Angel Corzo</i>	16	Las vidrieras. Problemas y significado. Deterioro de las vidrieras de la Catedral de León
<i>Alfonso Muñoz Cosme</i>	26	Arquitectura y vidrieras: evolución del siglo XIII al XIX
<i>Félix Benito Martín</i>	45	Aspectos históricos de la Catedral de León. La influencia de las catedrales europeas
<i>Ignacio Represa Bermejo</i>	55	La estética de las vidrieras y de su degradación
<i>Aurora Ruiz Mateos</i>	72	La estructura arquitectónica como medio para la simbología de la luz (1140–1240)
<i>Antonio Ros Felip</i>	81	Ilustración gráfica del comportamiento mecánico de elementos arquitectónicos y catedrales góticas mediante la aplicación de técnicas fotoelásticas
<i>José María Fernández Navarro</i>	85	Constitución química de las vidrieras y métodos para su análisis y para el estudio de sus alteraciones
<i>Robert H. Brill</i>	114	Composición química de algunos vidrios de la Catedral de León
<i>Johanna Leissner</i>	132	El efecto de la corrosión sobre las vidrieras
	139	Láminas

<i>Manfred Schreiner</i>	147	El deterioro de los vidrios pintados medievales. Caracterización analítica del proceso de corrosión y sus consecuencias para los tratamientos de prevención
<i>Dieter Goldkuhle</i>	159	Selección de fenómenos de corrosión en las muestras de la Catedral de León
<i>Joost Caen</i>	165	La conservación de vidrieras: recientes avances en Flandes (Bélgica) desde el establecimiento del Departamento de Conservación en la Real Academia de Bellas Artes en 1988
<i>Hannelore Römich y Dieter R. Fuchs</i>	174	Nuevos materiales para la conservación de vidrieras
<i>Frank D. Preusser</i>	187	Desarrollo de un plan exhaustivo para la preservación <i>in situ</i> de vidrieras históricas. Aspectos científicos y técnicos
<i>Julián Zugazagoitia</i>	192	La luz interior: el vitral en el arte moderno
	210	Apéndice A: Resúmenes de los artículos que aparecen en este volumen
	220	Autores
	225	Créditos de publicación

# Introducción

*Nieves Valentín*

**L**AS VIDRIERAS HISTÓRICAS representan uno de los elementos ornamentales del Monumento más difíciles de conservar debido a la delicada naturaleza de los materiales que la conforman.

Dentro de las técnicas de ejecución de las vidrieras históricas existe una diversidad de métodos y sistemas que se han utilizado para decorar básicamente las catedrales e iglesias europeas desde el Medioevo hasta el siglo XIX. El vitral alcanza su máximo esplendor en el siglo XIII, el cual representa el momento cumbre de las catedrales góticas de países como Francia, Alemania, Austria, Italia, Gran Bretaña y España.

La vidriera histórica tiene un significado eminentemente estético que surge de la armonía establecida entre elementos básicos como son: la luz, el color, la transparencia del material y la riqueza de una iconografía simbólica de carácter religioso. Todo ello queda integrado dentro de espacios arquitectónicos y a su vez contribuye a configurar el estilo del monumento.

Desde los comienzos de nuestro siglo, la obra de vidriería ha cobrado una nueva dimensión dentro del arte contemporáneo y de las nuevas tendencias arquitectónicas de las ciudades modernas. Como consecuencia, el vitral adquiere un significado distinto y su conservación se ve condicionada por la incorporación de nuevos materiales y productos empleados en los procesos de fabricación.

Desafortunadamente, durante los últimos años se observa que un gran número de vitrales de catedrales europeas están sufriendo un acelerado deterioro debido en gran medida al impacto ambiental que desencadena una serie de fenómenos de corrosión de los elementos estructurales. No obstante, los trabajos de diferentes grupos de investigadores han permitido el desarrollo científico y tecnológico de sistemas de preservación y restauración de un legado que en ocasiones parecía irrecuperable.

En líneas generales puede afirmarse que la bibliografía relacionada con el tema de las vidrieras se circunscribe a aspectos muy puntuales que incluyen en su mayor parte estudios históricos relacionados con la iconografía de los vitrales más relevantes. En segundo lugar, se describen en menor número trabajos sobre tratamientos de restauración

que ha sido necesario y urgente aplicar para paliar los deterioros de los materiales vítreos y de sus ensamblajes. Finalmente, podemos señalar la reciente incorporación de estudios científicos dirigidos al análisis de los vidrios, de sus alteraciones y a la investigación de tratamientos de restauración y de protección de este delicado material.

No obstante, se observa que gran parte de los trabajos relacionados con la conservación de vidrieras adolecen de un enfoque interdisciplinar, echándose en falta abordajes que correlacionen los factores responsables de las alteraciones y que cuantifiquen los diferentes deterioros de los vitrales, lo cual en definitiva determina el tipo de intervención que debe aplicarse para recuperar la obra dañada.

Con objeto de incidir sobre la necesidad de un planteamiento integral que permita analizar la problemática de las vidrieras históricas, hemos creído de interés el desarrollo de un Seminario cuyos objetivos incluyan la revisión y actualización de las metodologías para la conservación de los vitrales en sus múltiples niveles de complejidad. Para ello, el desarrollo del curso se ha centrado en los siguientes puntos:

---

### **Aspectos históricos, arquitectónicos y estéticos**

En este punto se contempla la evolución histórica y artística de la vidriera desde siglo XII al XX, período durante el cual la función, el significado y la concepción estética del vitral se ha ido modificando al igual que lo ha hecho el concepto de espacio arquitectónico donde se alberga la vidriera. Las conferencias relacionadas con este tema ponen de relieve la influencia que determinadas catedrales europeas han ejercido en la ejecución de los vitrales góticos de otros países, en particular en los vitrales de la Catedral de León. Por otra parte, además de los aspectos estéticos y funcionales se resalta la importancia de la vidriera como elemento que se integra dentro del monumento condicionando la geometría del marco arquitectónico donde se aloja. De este modo, se observa cómo el concepto de unidad vidriera-espacio ha ido evolucionando a través del tiempo.

---

### **La investigación científica aplicada a la conservación de los vitrales**

El avance de técnicas instrumentales utilizadas en el campo de la investigación industrial de materiales silíceos tales como piedra, cerámica y vidrio, ha permitido a su vez la aplicación de métodos apropiados al diagnóstico de las alteraciones de vitrales históricos. En este caso, se han desarrollado metodologías capaces de analizar la composición química de los vidrios, datarlos, caracterizar la composición de los productos de degradación, y asimismo investigar la incidencia de los factores ambientales en el origen de la corrosión de los materiales pictóricos y vítreos, de los emplomados y armazones. En definitiva, por medio de métodos específicos de alta sensibilidad se hace posible el disponer de una rigurosa información que marcará las prioridades y el tipo de intervención a corto y largo plazo. Por otra parte, se pueden deducir datos históricos sobre los vidrios de procedencia dudosa.

---

## Métodos de restauración y preservación

Conocida la naturaleza del material vítreo y de sus alteraciones se discutirán los tratamientos de restauración, conservación y preservación que se vienen aplicando actualmente en vidrieras europeas, incluyendo los vitrales de la Catedral de León.

Dentro de este punto, se expondrán criterios básicos de intervención que incluyen:

- a) Limpieza
- b) Tratamientos de protección con productos químicos
- c) Sistemas de protección mecánica

Las recomendaciones sobre los métodos a seguir se harán en base a investigaciones previas realizadas tanto en laboratorio como *in situ*; se discute sobre aquellos productos químicos que hayan presentado un mejor comportamiento, según los datos científicos obtenidos y de acuerdo a la experiencia del restaurador.

---

## Formación de especialistas en conservación-restauración de vitrales y política de conservación

Finalmente, dentro del área académica, se trazará una panorámica de los programas de formación dentro de la capacitación de técnicos en este campo contrastándose con el tipo de enseñanzas que se imparten actualmente en otros países europeos tanto en talleres como en escuelas y facultades universitarias. Las funciones del conservador-restaurador, su proyección a nivel profesional, así como la política de conservación de vitrales contemplada como parte integrante del patrimonio monumental serán temas de debate que tratarán de resaltar las líneas de actuación prioritarias en esta área.

Los temas expuestos en el programa se desarrollarán a través de conferencias y de seminarios prácticos donde se podrán observar las alteraciones de los materiales vítreos, emplomados, productos y sistemas aplicados para la restauración de las vidrieras. Al término del curso se estudiará un modelo de trabajo real, en este caso se utilizará la Catedral de León, en donde se discutirá *in situ* todos los aspectos expuestos en las conferencias.

En base a todo lo expuesto puede indicarse que este Seminario, con su enfoque multidisciplinar, ha sido concebido para agrupar dentro de una problemática común, a historiadores, arquitectos, conservadores, restauradores, científicos, estudiantes de escuelas o facultades relacionados con las áreas descritas, y responsables del Patrimonio Cultural.

A través de las conferencias impartidas se pretende disponer de un modelo de trabajo que sirva para marcar las pautas de actuación en temas de degradación de vidrieras históricas. Sin duda muchos de los aspectos aquí analizados podrán ser útiles para orientar el método más adecuado de conservación de Bienes Culturales de características similares.



# La conservación de vidrieras históricas. Estudios preliminares sobre la aplicación de sistemas gelificados

*Nieves Valentín, Fernando Cortés y Andrés Sánchez*

**L**AS VIDRIERAS HISTÓRICAS forman parte de uno de los legados más frágiles y susceptibles de deterioro dentro del marco del patrimonio cultural.

Frente a los pequeños ventanales de las iglesias románicas, surgen en Francia, a finales del siglo XII, diseños constructivos en los que gruesos muros de piedra se transforman en extensos paneles de vidrio, ello permite crear un nuevo concepto de iluminación que responde a una nueva idea de espiritualidad y misticismo. En este sentido, la vidriera es algo más que un concepto estético o arquitectónico, es la transformación de un mundo interior en luz.

A finales de la Edad Media la vidriera supuso un nuevo modelo de integración dentro de la concepción del arte. En contraste con la obra pictórica realizada en tabla y que se concibe como imágenes cromáticas plasmadas en un plano, la vidriera muestra una diferente dimensión espacial que conjuga el vidrio, el color, la transparencia y la luz. Por otra parte, se observa cómo los ensamblajes del vidrio consistentes en tiras de plomo pasan a formar parte del diseño de figuras y formas. Mientras que la pintura sobre tabla y la pintura mural se vienen contemplando como un arte estático, en el vitral, la transparencia del vidrio, la refracción de la luz, su orientación en relación al sol y los cambios climáticos permiten la apreciación de un arte en continuo cambio, un “arte cinético” según Caen (1994), que va a marcar las pautas de un nuevo estilo de decoración.

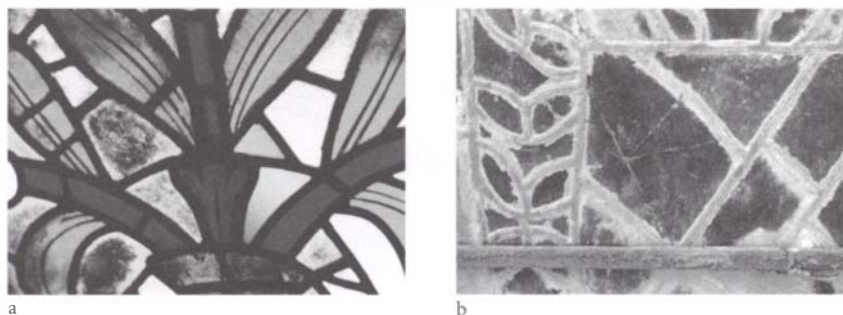
En el campo de la conservación de vitrales españoles puede considerarse que hasta el siglo XIX sólo se realizó una labor de mantenimiento básico de la vidriera (restitución de vidrios desaparecidos y de sus emplomados, fijación de armazones de hierro, etc.), todo ello debido a la necesidad de conservar su función de cerramiento. Asimismo, en algunos casos, los abombamientos de los paneles fueron corregidos para evitar el desplome de los mismos. La rotura y pérdida de los vidrios a lo largo de los siglos ha sido un frecuente y grave problema ya que ha provocado el desplazamiento de los vidrios que rodean los espacios abiertos, acentuando las deformaciones y las tensiones mecánicas. Por otra parte, se producen diferencias de sobrecarga al introducirse el aire por los orificios.

En España, las restauraciones propiamente dichas se abordan a partir del siglo XIX. Muchas de estas labores fueron realizadas con criterios erróneos, lo cual ha dificultado la conservación e investigación actual. Existen vitrales que presentan vidrios situados en lugares que no corresponden al lugar original. En este sentido, estudios exhaustivos de Nieto Alcaide (1974) señalan que muchos de los vidrios de las vidrieras de la Catedral de León que fueron repuestos se pintaron imitando el estilo de vidrios de épocas anteriores. De este modo, se reprodujo el color de los vidrios envejecidos por el paso del tiempo. Por consiguiente, en caso de abordarse actualmente tareas de limpieza, los vidrios más modernos tendrían un color más oscuro que los antiguos. Por ello, para identificar los vidrios y datarlos se hacen imprescindibles detallados estudios históricos y análisis científicos que involucran sofisticadas técnicas instrumentales.

A todo lo expuesto hay que añadir que durante los últimos cincuenta años un gran número de vitrales de catedrales europeas está sufriendo alteraciones irreversibles que incluyen fenómenos de corrosión de los elementos constructivos: vidrio, emplomado, armazones de hierro y piedra (Figura 1a-b). En muchos casos, estas alteraciones se han acentuado debido a la contaminación ambiental, a las restauraciones incorrectas, y a un escaso mantenimiento o abandono incluso en aquellas vidrieras que ya fueron restauradas. No obstante, la aplicación de métodos analíticos para investigar el origen de las alteraciones de los vitrales nos está aportando actualmente nuevas interpretaciones para su conservación. En este sentido, el efecto de la humedad y la polución atmosférica en la corrosión son actualmente algunos de los temas más estudiados. Sin embargo, otros aspectos tales como las alteraciones de origen biológico han sido escasamente exploradas. Con el fin de estudiar los mecanismos de biodeterioro y evaluar la eficacia de los tratamientos de conservación, se han incorporado tecnologías dirigidas al diagnóstico de los agentes biodegradantes y de los metabolitos capaces de producir alteraciones químicas del soporte, en ocasiones interpretadas como deterioros de origen abiótico.

Figura 1a-b

Corrosión del material vítreo. Vidrieras de la Catedral de León. a) Zona interior del vitral. b) Zona exterior del vitral.



El desarrollo de la biología aplicada a la conservación está permitiendo un mayor conocimiento de estos mecanismos de degradación y supone un avance en el diseño de modelos de trabajo dirigidos a la preservación de las vidrieras desde un punto de vista más integral.



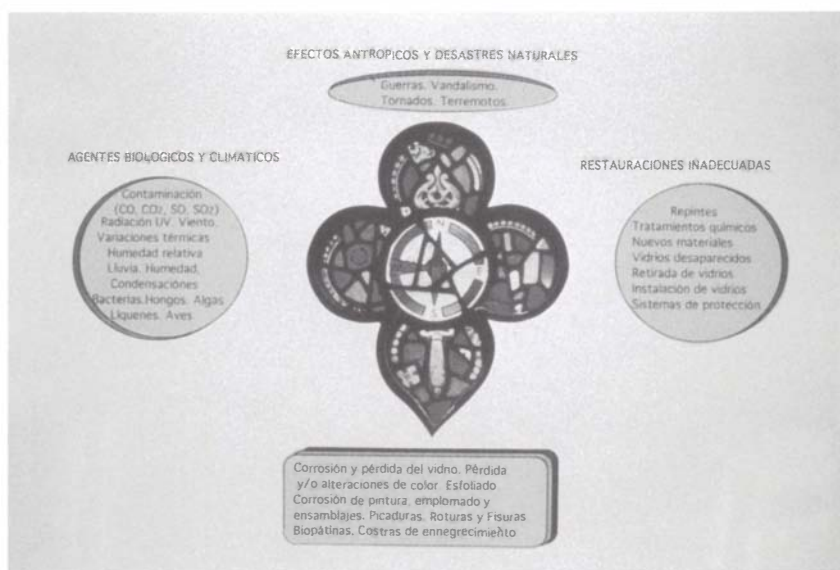
## Agentes implicados en las alteraciones del material vítreo. El biodeterioro

La bibliografía relacionada con la problemática de la vidriera muestra que, en general, el deterioro de estos materiales se ha venido analizando desde aspectos parciales (Newton y Davison 1989). Son pocos los trabajos interdisciplinares que correlacionan los factores que inciden en las degradaciones y que determinan las intervenciones de carácter restaurador.

Aun considerando que el vidrio es un material relativamente estable, hay que tener en cuenta que es susceptible de sufrir graves alteraciones debido a la interacción de sus componentes con el medio ambiente. Por consiguiente, para evaluar su estado de conservación hay que analizar las causas de carácter extrínseco e intrínseco que actúan de una forma combinada y cuyos efectos podrían resumirse en la Figura 2.

Figura 2

Agentes implicados en el deterioro del vitral.



Las alteraciones de carácter biológico afectan a los tres materiales básicos relacionados con el vitral: el vidrio, el metal y la piedra. En todos ellos los mecanismos de degradación son bastante similares.

El deterioro del vitral por acción de los agentes biológicos depende de las características físico-químicas del material vítreo, de la pintura, de la contaminación ambiental y especialmente de la humedad como factor desencadenante del desarrollo de organismos bióticos (Figura 3). La humedad puede provenir del agua de lluvia, del agua de condensación o del agua de escorrentía. La más peligrosa es el agua de condensación (Newton 1987:6-24; Newton y Fuchs 1988; Fernández Navarro 1991). Las gotas o microgotas de agua de condensación contribuyen a la formación del hidróxido potásico e hidróxido sódico, principales responsables de la corrosión en el vidrio. Por otra parte, el agua de condensación (junto con partículas sólidas contaminantes) es retenida en las rugosidades, grietas o picaduras del vidrio, activando el

Figura 3  
Alteraciones en el vitral debidas al efecto de la humedad.

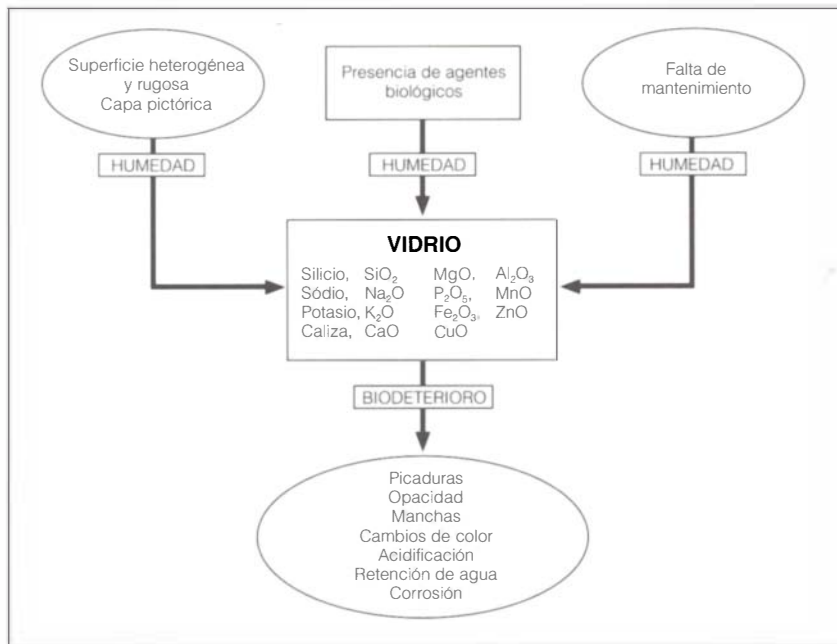
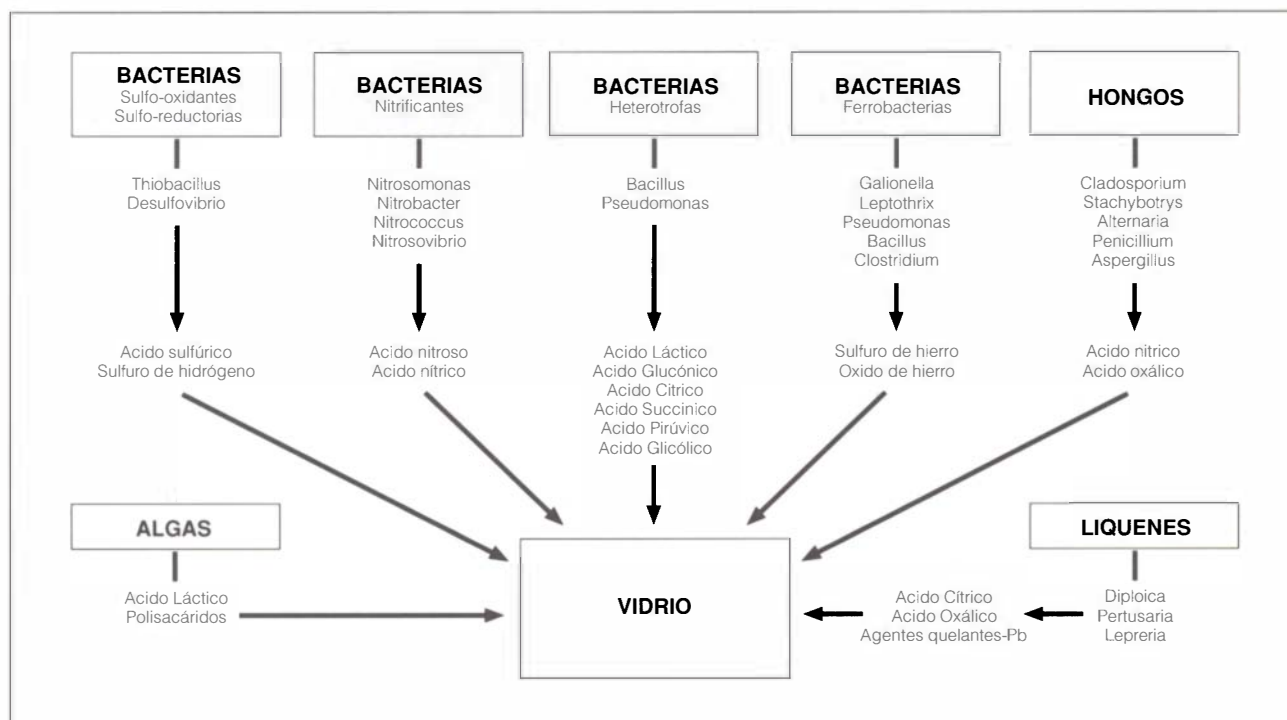


Figura 4  
Agentes biológicos responsables de las alteraciones del material vítreo.



desarrollo de microorganismos que a su vez producen ácidos orgánicos e inorgánicos que incrementan el proceso de corrosión.

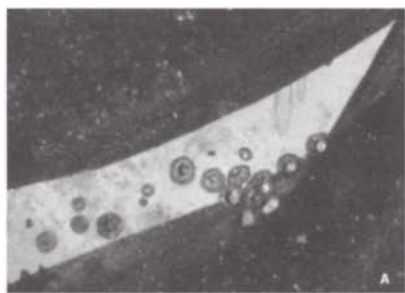
Tal como muestra la Figura 4, los líquenes, algas, bacterias y hongos ejercen un deterioro físico-químico en los soportes que se traduce en la formación de grietas, y en la producción de metabolitos que inducen fenómenos de corrosión y pérdida de transparencia del vidrio.

El biodeterioro afecta de forma distinta a la cara interna y a la externa del vitral. La cara externa suele estar más alterada que la cara interna. No obstante, dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentra el interior del edificio (ventilación escasa, alta humedad relativa del aire, filtraciones de los muros, condensaciones, etc.), pueden surgir graves deterioros en la cara interna, que se manifiestan en picaduras u oquedades producidas por el agua de condensación, por microorganismos, y por la acción de los contaminantes químicos ambientales. Según Caneva, Nugari y Salvadori (1991:103-6), las picaduras de origen biológico se caracterizan por presentar una zona central oscura y círculos concéntricos más claros extendidos hacia la periferia. Sería un proceso similar al "foxing" que se presenta en materiales celulósicos (documentos gráficos en papel, material fotográfico, cartón y cartulinas, etc.). Las picaduras pueden alcanzar tamaños hasta de varios mm. de diámetro e interiormente suelen estar llenas de sales e hidróxidos (Figura 5a-c) y pueden albergar bacterias, partículas de polvo y otros contaminantes sólidos. Las bacterias, hongos, algas y líquenes están directamente implicados en el deterioro del vidrio debido a la excreción de ácidos inorgánicos (sulfúrico, nítrico) y orgánicos (oxálico, cítrico, fumárico, láctico, glucónico, etc.). Estos productos contribuyen a la formación de costras de sulfatos, nitratos y oxalatos de calcio, magnesio principalmente (Muro et al. 1992; Koestler et al. 1987).

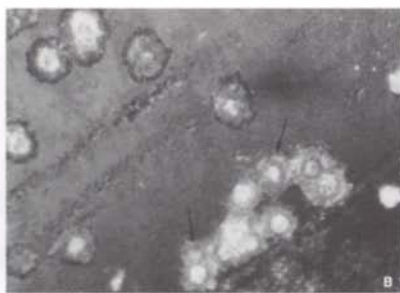
El biodeterioro es un fenómeno destructivo que puede acentuarse en el vidrio pintado, especialmente cuando existen aglutinantes, determinados pigmentos y la presencia de materia orgánica que favorece el desarrollo de especies bióticas que crecen estimuladas por los fenómenos de condensación.

Figura 5a-c

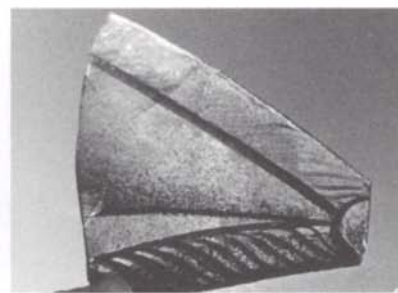
Alteraciones en vidrio correspondientes a la vidriera de la Catedral de Valpuesta de Burgos. a) Picaduras en vidrio con amarillo de plata. b) Picaduras con depósitos de hidróxido sódico e hidróxido potásico. c) Vidrio sometido a un tratamiento de limpieza con torunda humedecida en agua destilada y posterior secado.



a



b



c

### Tratamientos de limpieza y control de microorganismos. Aplicación de sistemas gelificados en materiales vítreos. Casos prácticos

Dentro de los tratamientos de limpieza que se vienen aplicando a los materiales vítreos se incluyen: a) tratamientos mecánicos (cepillos, aire a presión, bisturí, etc.), b) métodos acuosos y c) métodos químicos que incorporan sustancias quelantes tales como detergentes y sales de amonio. No obstante, estos métodos son en ocasiones agresivos para el soporte, tóxicos y dejan residuos capaces de alterar los soportes vítreos, especialmente cuando hay presencia de capa pictórica.

En trabajos recientes, Wolbers (1988) ha propuesto diferentes sistemas de limpieza a partir de jabones de resina, tensoactivos no iónicos y/o enzimas, que utiliza para eliminar zonas de barnices muy envejecidos sin alterar las capas de pintura. Estos sistemas se incluyen en medios gelificados con hidroxipropil metil celulosa, con el propósito de disminuir la difusión de los agentes de limpieza sobre las superficies a tratar y de este modo evitar que atraviesen y deterioren el material pictórico.

Por otra parte, Burnstock y Learner (1992) han realizado investigaciones pormenorizadas acerca de los componentes de los sistemas de limpieza propuestos por Wolbers. Asimismo, explican los resultados obtenidos con los ácidos antraceno 9 carboxílico y 9 fluorerona 4 carboxílico empleados como jabones, en este caso, también gelificados con hidroxipropil metil celulosa al 2%, donde logran rebajar gradualmente las capas de barniz de mastic artificialmente envejecido. También Belucci et al. (1982) han propuesto el uso de una emulsión estable de cera y agua que retiene ciertos reactivos a un pH ligeramente básico. Este tratamiento ha sido también empleado para la limpieza de superficies con barnices deteriorados y con suciedad.

En cualquier caso, hay algunos aspectos en común que se persiguen con estos sistemas gelificados o emulsificados, en primer lugar evitar la expansión horizontal, la alta evaporación o la penetración incontrolada de los productos utilizados para la limpieza y, de esta forma, lograr un máximo de eficacia en el proceso de eliminación de los barnices no deseados, lográndolo capa a capa y sin alterar los estratos de la pintura.

Considerando que la mayor parte de los procesos de restauración pueden afectar a las finísimas capas de la pintura de las vidrieras y que en muchos casos varios de esos procesos pueden realizarse en una sola operación, hemos investigado la eficacia de tratamientos de limpieza y desinfección dirigidos a la eliminación de microorganismos y restos orgánicos. Para ello, hemos utilizando diferentes tipos de geles a los que se les había incorporado enzimas y germicidas de amplio espectro. De este modo, hemos analizado diferentes tipos de geles entre los que se incluyen agarosa utilizada en biología molecular para la determinación de ADN y ARN celular. También se ha analizado el comportamiento de otros geles elaborados con metilcelulosa, e hidroxipropilmetilcelulosa.

El objetivo fundamental de este trabajo consistió en la desinfección de un soporte mediante la aplicación de un gel como vehículo de un germicida, minimizando el riesgo de toxicidad y la difusión de los productos en las capas de pintura sobre vidrio, siendo de gran interés el análisis del aporte de residuos al material histórico.

En estos trabajos se controlaron los parámetros:

- a) concentración mínima letal del germicida empleado,
- b) concentración del gel de acuerdo a su porosidad y
- c) residuos en el soporte tratado.

---

## Preparación de las muestras y método de aplicación del gel

Diferentes grupos de vidrios de 1,5 x 0,2 x 5 cm., a los que se les había practicado artificialmente surcos y oquedades, fueron infectados con 1 ml. de una suspensión bacteriana de *Bacillus* sp, y expuestos a 90% de HR durante 6 semanas. A continuación se prepararon concentraciones crecientes de tres tipos de geles: agarosa, metilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa (0,5%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5%). A cada gel se le añadió 0,1% de lisozima y 0,2% de formaldehído respectivamente. Aunque el formaldehído es un producto agresivo para los materiales históricos, fue utilizado con el fin de poder detectar fácilmente residuos del sistema gel-germicida en los materiales.

La agarosa es un polisacárido natural que se obtiene principalmente de las algas marinas. A partir de una concentración superior al 0,2% puede formar geles fáciles de manipular. La agarosa no polimeriza al gelificar, sino que sólo sufre un cambio de estado. Los geles de agarosa ejercen un efecto de tamiz en los que el tamaño de la malla varía en función de la concentración. De este modo, dentro del sistema agarosa-germicida, existe una correlación entre la porosidad (concentración del gel) y el tamaño de las moléculas del germicida. Las moléculas de gran tamaño son retenidas por las fibras del gel, por ello es conveniente utilizar bajas concentraciones de agarosa (0,5–1%) para favorecer el filtrado del producto incorporado.

La agarosa aplicada en capas delgadas tiene la ventaja de deshidratarse en un período de 3–4 días, al término de los cuales, se convierte en una película rígida que se desprende fácilmente del soporte, reduciéndose el riesgo de posibles alteraciones del material.

Para preparar el gel se disuelve la agarosa en agua y se calienta hasta alcanzar 80 °C, posteriormente debe enfriarse hasta 35–40 °C. A esta temperatura se le incorpora el germicida y se aplica sobre el vidrio cuando la temperatura desciende por debajo de 35 °C, en que comienza a gelificar.

La hidroxipropilmetilcelulosa y la metilcelulosa (utilizadas por Wolbers 1988), incorporadas como espesantes en diferentes sistemas para eliminar barnices envejecidos, pueden ser disueltos en agua y aplicados a temperatura ambiente. Estos productos adquieren una densidad menor que la agarosa a la misma concentración.

En los tratamientos de desinfección, y con objeto de minimizar posibles alteraciones del soporte, se depositó un papel japonés sobre el vidrio infectado; a continuación se aplicó el sistema gel-germicida sobre el papel por medio de un pincel. El tiempo de tratamiento fue de 48 horas. Transcurrido este tiempo se retiró el papel con el gel y se analizó la eficacia del sistema.

---

## Análisis de las muestras tratadas

Para evaluar la eficacia del sistema gel-germicida sobre el material infectado, cada muestra de material vítreo se trató con una solución al 0,9% de NaCl, con el fin de obtener una suspensión de las bacterias tratadas. Posteriormente, según los métodos de microbiología clásica, se procedió al sembrado de las suspensiones de células en diferentes medios

de cultivo adecuados a las bacterias estudiadas. Después de un período de incubación de 15 días a 28 °C se realizó el recuento de las bacterias desarrolladas en los cultivos analizados. Los resultados obtenidos se expresan en la Figura 6. En estos ensayos, los microorganismos han servido como bioindicadores para mostrar la filtración del producto incorporado al gel y consecuentemente la eficacia del sistema gel-germicida.

Según los datos evaluados, no se observó desarrollo bacteriano en aquellas muestras de vidrio que fueron tratadas con lisozima o con formaldehído por medio de geles de agarosa de concentraciones inferiores al 1,5%.

Tanto en el caso de vidrios tratados con geles de metilcelulosa como con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), fue necesaria una concentración inferior al 2% para que el bactericida eliminara el 100% de los microorganismos inoculados (Figura 6). En este caso, el germicida no actúa por filtrado sino por contacto de la capa de gel con la superficie.

En todos los casos estudiados se observó un aporte de residuos del gel al soporte fácilmente detectable por microscopía óptica. A menor concentración del gel se detectó un aporte mayor de residuos al soporte y, consecuentemente, mayor eficacia del bactericida.

Desde un punto de vista comparativo, se puede indicar que hubo una mayor filtración de los agentes germicidas a través del gel cuando se utilizó agarosa, lo que provocó una mayor difusión del producto que se manifestó en una desinfección completa. El resultado fue similar al obtenido en tratamientos que incluían germicidas en medios acuosos (sin incorporarlos a un medio gelificado). Análisis comparativos están siendo realizados para cuantificar el aporte de residuos (del gel y/o germicida) en cada tipo de tratamiento.

Resultados preliminares indican que los residuos de los geles sobre la superficie del vidrio fueron patentes, aun cuando se interpuso entre ellos y el soporte un papel japonés. En el caso de emplear hidroxipropilmetilcelulosa al 2%, se redujo la presencia de estos residuos, pero la desinfección no fue completa a las condiciones de tratamiento descritas.

La aplicación de geles para limpieza tuvo un resultado satisfactorio en el caso de vidrios decorados con láminas de oro colocadas sobre un adhesivo (técnica al mixtión), las cuales presentaban una falta de adhesión al soporte muy importante. Al mismo tiempo, toda la superficie se encontraba cubierta por una gruesa capa de suciedad que tapaba tanto el oro como el vidrio.

Antes de proceder a la limpieza se fijó la capa de metal con una mezcla de Paraloid B72 en tolueno al 2%, y una vez que se secó el consolidante, se procedió a retirar el residuo que quedaba sobre la lámina metálica y el vidrio. Para ello se preparó un gel que contenía tolueno, agua (50:50) y 0,5 de Tritón x-100, gelificados con hidroxipropilmetilcelulosa al 2%. Se observó que los residuos de Paraloid B72 se separaban con facilidad de la superficie, sin perjudicar la adhesión adquirida por la lámina de oro. No obstante, en algunas zonas fue difícil eliminar algunos focos de residuos del gel que quedaron depositados sobre la pieza (Figura 7a-b).

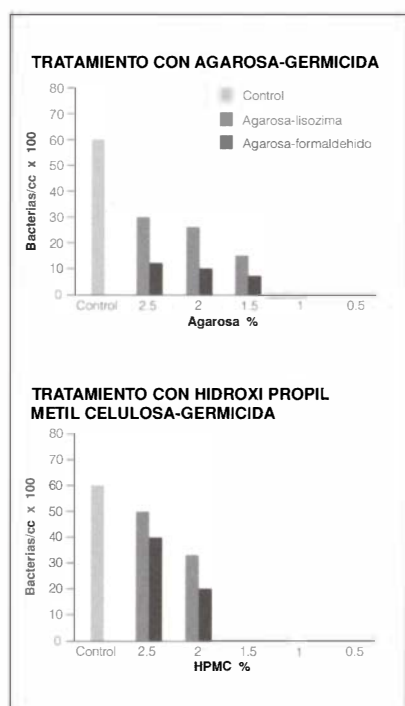
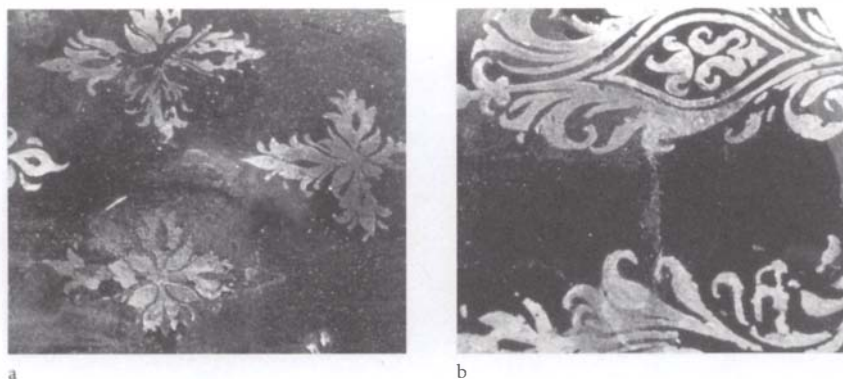


Figura 6  
Desarrollo microbiológico en muestras de vidrio tratadas con diferentes sistemas de geles (agarosa e hidroxipropilmetilcelulosa) y germicidas (lisozima formaldehído).

Figura 7a-b

Aplicación del sistema gel-detergente para limpieza de vidrio con decoración en oro.  
 a) Vidrio antes del tratamiento de limpieza.  
 b) Vidrio con limpieza parcial.

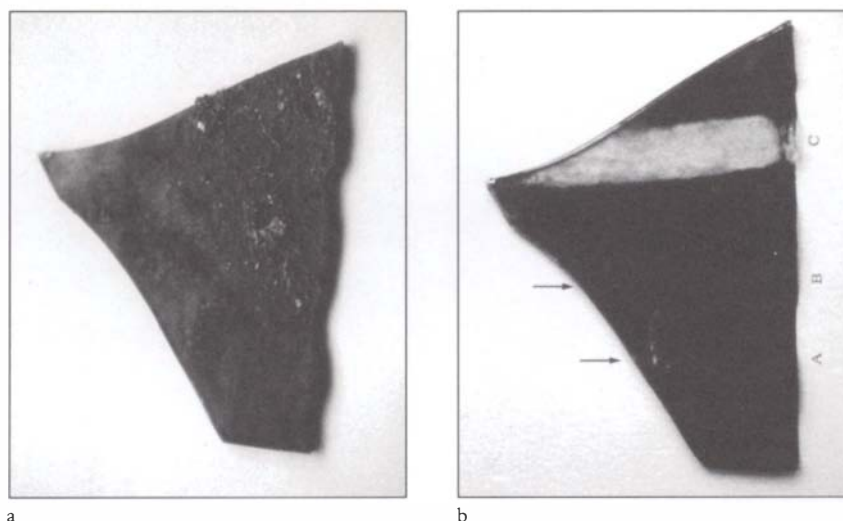


Actualmente los tratamientos de limpieza y desinfección de los vidrios pintados o particularmente decorados, son un problema de difícil solución en el campo de la restauración de los bienes culturales. La naturaleza frágil del soporte y las finas capas de pintura requieren de la investigación de métodos no agresivos y de acción superficial que protejan la estructura de manera integral.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto puede indicarse que los tratamientos de limpieza o desinfección de vidrios por medio de geles no son recomendables en el caso de materiales que sufran procesos de desvitrificación, picaduras o grietas (tal como muestra la Figura 5), en los cuales se podrían acumular residuos del gel. No obstante, los sistemas de limpieza gel-enzima (lipasa, proteasa, etc.) o de desinfección gel-bactericida pueden ser útiles para tratamientos de vidrios sin alteraciones estructurales (Figura 8a-b) o para soportes con capa pictórica que no puedan ser tratados con disolventes acuosos como es el caso del vidrio mostrado en la Figura 7. Asimismo, estos geles pueden ser aplicados con buenos resultados en el tratamiento de superficies pétreas poco porosas, tales como mármoles y alabastros. En estos casos la aplicación de torundas humedecidas en agua desionizada y un posterior secado del soporte reduce drásticamente la presencia de residuos en los materiales.

Figura 8a-b

Eficacia del tratamiento de limpieza utilizando gel-enzima en vidrio del s.XIX.:  
 a-Vidrio antes de la limpieza. b-Vidrio tratado: 1) zona tratada con agua, 2) zona tratada con gel, 3) área tratada con gel-lipasa.



Finalmente, podemos concluir que los tratamientos por medio de geles podrían ser una alternativa adecuada a los tradicionales métodos de limpieza y desinfección que han venido utilizando productos tóxicos y peligrosos para el soporte. No obstante, debe tenerse en cuenta que en un caso tan delicado y complejo como es el vitral, es necesario analizar y estudiar de forma exhaustiva y particularizada las diferentes alteraciones. Asimismo, es preciso documentar cada tratamiento que se utilice para poder realizar un seguimiento y controlar su eficacia con el paso del tiempo. Cualquier producto químico empleado en la restauración del vidrio debe ser reversible, asimismo, debe ser aplicado en base a una correcta experimentación previa, con la mayor precaución y en la menor medida posible.

Es importante destacar que una mayor atención hacia los métodos de conservación preventiva del edificio, dirigida a evitar fenómenos de condensación, y una mejora en el mantenimiento de los vitrales garantizan una mayor durabilidad de este importante Patrimonio Cultural.

---

## Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a D. Fernando Suárez (ICRBC) por su colaboración en el montaje y ejecución de los trabajos fotográficos. Asimismo, agradecemos a D. Carlos Muñoz de Pablos su colaboración en la aportación de muestras de vidrio histórico para esta investigación.

---

## Citas

- Belucci, R., E. Buzzegoli, M. Matteini, y A. Moles  
1982 Impiego di emulsioni quali supportanti di solventi in operazioni di pulitura dei dipinti. En *Metodo e Scienza Operatività e Ricerca nel Restauro*, 261–64. Florencia: Sansoni Editore Nuova S.p.A.
- Burnstock, A., y T. Learner  
1992 Changes in the surface characteristics of artificially aged mastic varnishes after cleaning using alkaline reagents. *Studies in Conservation* 37: 165–84.
- Caen, J.  
1994 La conservación de vidrieras: recientes avances en Flandes (Bélgica) desde la creación del Departamento de Conservación en la Real Academia de Bellas Artes en 1988. Seminario sobre Conservación de Vidrieras Históricas, 4–8 julio, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Santander, España.
- Caneva, G., M. Nugari, y O. Salvadori  
1991 *Biology in the Conservation of Works of Art*. Roma: ICCROM.
- Fernández Navarro, J. M.  
1991 Propiedades químicas. En *El vidrio*, 590–98. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Koestler, R. J., E. D. Santoro, L. Ransick, R. H. Brill, y M. Lynn  
1987 Preliminary scanning electron microscopy study of microbiologically induced deterioration of high alkali low-lime glass. En *Biodeterioration Research*, 295–307. Nueva York: Plenum Publishing.



- Muro, C., et al.**  
1992 Chemical evaluation of the stone biodeterioration mechanisms. 3rd International Conference on Non-Destructive Testing, Microanalytical Methods and Environment Evaluation for Study and Conservation of Works of Art. Viterbo, Italia.
- Newton, R. G.**  
1987 *Caring for Stained Glass*. Londres: EASA.
- Newton, R. G., y S. Davison**  
1989 *Conservation of Glass*. Londres y Boston: Butterworths.
- Newton, R. G., y D. Fuchs**  
1988 Chemical composition and weathering of some medieval glasses from York Minster. *Glass Tech.* 29:6-15.
- Nieto Alcaide, V.**  
1974 *La vidriera y su evolución*. Madrid: La Muralla.
- Wolbers, R. C.**  
1988 Aspects of the examination and cleaning of two portraits by Richard and William Jennys. En *16th Annual Meeting of the American Institute for Conservation*, 245-60. Nueva Orleans: American Institute for Conservation.

# Las vidrieras. Problemas y significado.

## Deterioro de las vidrieras de la Catedral de León

*Miguel Angel Corzo*

**L**OS VITRALES EMPLOMADOS han fascinado a todos los visitantes de iglesias, catedrales y demás monumentos arquitectónicos que gozan de sus numerosas formas, luces variadas y colores resplandecientes.

Pero, desde luego, todo este esplendor tiene su precio, sobre todo en la actualidad. Y ese precio es el problema de conservación que cualquier vidrio emplomado presenta. En realidad debiese uno hablar de los problemas que representan, porque todos los vitrales emplomados sufren de una combinación de factores que afectan su permanencia en nuestro patrimonio.

Probablemente el vitral más antiguo sea el conocido como la rondela bávara que se fabrica cuando el soplador hace girar un bulbo de vidrio fundido en la extremidad de su caña. Al cortarse la parte inferior del bulbo, éste forma un gran disco, bajo el efecto de la fuerza centrífuga. El ombligo del corte se encuentra aún en vidrios de manufactura contemporánea.

Bajo su forma más pura, el vidrio es un bióxido de silicio, o sílice. En términos químicos esto significa que la molécula de vidrio está compuesta de un átomo de silicio y de dos átomos de oxígeno. En el sílice que es un sólido, los átomos tienen una estructura ordenada. En el vidrio, que es un líquido sobrefundido, los átomos están dispuestos irregularmente.

A una temperatura de 1650 grados los átomos de sílice puro encuentran una estructura ordenada y forman el vidrio perfecto. Los romanos habían descubierto que agregando sosa y cal podían obtener el vidrio a una temperatura más baja. Mezclando cal y potasio, el vidrio de la Edad Media se vitrificaba fácilmente; pero también se corroe rápidamente.

Algunos de estos principios son muy básicos y elementales pero conviene recordarlos para todos aquellos que no tienen un origen académico estrictamente en las ciencias físicas o químicas. A continuación, algunos principios básicos adicionales. Al encontrar un sólido blanco la luz se refleja. Cuando encuentra una lámina de vidrio con caras paralelas, la luz la atraviesa y sale siguiendo el mismo ángulo. Si el vidrio contiene

fallas, la luz sale con un ángulo diferente, o bajo la forma de haces centelleantes, o bien se difunde.

Cuando se disuelven óxidos metálicos en el vidrio, algunas longitudes de onda son retenidas y se obtiene un efecto de color; por ejemplo, el óxido de hierro absorbe el rojo y da el verde.

También se puede colorear el vidrio mezclando partículas moleculares que absorben la luz. El cadmio y el selenio por ejemplo dan un tinte anaranjado.

En 1932, algunas excavaciones arqueológicas llevaron a descubrir en la abadía de Lorsch, en Alemania, fragmentos de un vitral que se estima data del siglo nueve o del siglo diez. A pesar de los vacíos negros dejados por los pedazos que faltan, este rompecabezas de antiguos vitrales deja adivinar un rostro de Cristo. Este es probablemente el vitral más antiguo con una representación pictórica. Pero ya desde el siglo sexto San Gregorio había hecho adornar las ventanas de San Martín de Torres con vidrios de colores.

El vitral emplomado aparece en la historia como un arte ya logrado cuyo pasado se ignora. De hecho surge con audacia en el uso que hace la Iglesia no de un vidrio blanco pero de un vidrio coloreado que, además, es muy costoso y a una escala monumental, mientras que hasta entonces el vidrio se había utilizado para la joyería, para algunos raros utensilios y en algunos vitrales de tamaño reducido en casa de romanos o bizantinos opulentos.

Esta facultad de creación tuvo que existir gracias a una influencia absoluta. Es una fuerza que se perpetúa desde la Antigua Roma a los vitrales medievales de Canterbury pasando del signo al símbolo, del símbolo al tema hasta que la historia entera de Dios y del Hombre se ve encarnada en la luz misma.

El vitral es esencialmente un arte cristiano porque no existía antes de la era cristiana. Es un modo de expresión artística del que se puede decir que ha creado diferencias profundas entre las iglesias cristianas y templos de faraones o de Grecia antigua, utilizando los espacios como medio de expresión espiritual más que como vacíos entre pesadas columnas.

La idea de utilizar un marco de plomo para mantener juntos los pedazos de vidrio pudo haber estado inspirado por el arte de la orfebrería o del esmalte de los cloisonés. Al empezar a utilizar los emplomados, el artista artesano hizo otro descubrimiento: la limadura de hierro, con un fundente de pasta de vidrio permitía pintar sobre el vidrio los detalles del rostro, manos, un drapado y enseguida se podía cocer el vidrio a una temperatura justo por debajo del punto de fusión, dejando así una imagen sorprendente en el vidrio mismo.

Con sus vestimentas calurosamente coloreadas, los cinco profetas de la Catedral de Augsburgo en Alemania nos miran directamente, con sus ojos grandes abiertos, con una fijeza casi amenazante. Estos son los vitrales intactos y completos más antiguos del mundo fechados hacia los finales del siglo once. En la Lámina 1 se ven a tres de los cinco personajes: Oséo, Rey David y Daniel.

La transparencia del vitral cambia constantemente según las variaciones de la luz que recibe. Este vitral del siglo dieciséis, que se encuentra en la vidriera Oeste de la iglesia de Altenberg en Alemania, brilla con colores cuando el sol le pega. Su tonalidad se ensombrece cuando una nube esconde al sol.

Viollet-le-Duc, el historiador francés de arte y filósofo connotado de la restauración, se interesaba, en cuanto a los vitrales, principalmente en el fenómeno de la irradiación, es decir el efecto óptico que produce la luz al atravesar colores translúcidos y en el hecho de que esta irradiación varía según el color.

Algunos colores se esfuman y otros se avivan o se extienden. El ejemplo más conocido está demostrado por la tendencia que se le atribuye a los rojos a “regresar” y a los azules a “avanzar” y a tomar con frecuencia un valor fuera de proporción con el lugar que tienen. Por su lado, el amarillo parece permanecer neutro y sólo “avanza” si su color está desplazado en el espectro del rojo a la extremidad del azul, es decir del anaranjado franco al amarillo verde limón.

Durante el siglo diecinueve Viollet-le-Duc dibujó estos diagramas para tratar de demostrar la irradiación variable de los colores translúcidos. El rojo, el azul y el blanco tienen, se dice, una radiación igual en la figura de arriba, cuando se les ve de cerca. A una distancia de unos veinte metros, en el diagrama de abajo, el vitral parece tener una dominante azul, color que tiene el poder mayor de irradiación. El resultado es que los rojos vecinos aparecen violetas y que las líneas y bandas blancas se ven teñidas de azul. Las conclusiones de Viollet-le-Duc son tema de mucha controversia. Por ejemplo, un académico inglés, James Rosser Johnson, rehizo minuciosamente la operación sin observar alguna variación de colores. ¡No sé si atribuir esto a una Europa pre Unión Europea o compararlos a los experimentos de la fusión en frío!

A inicios del siglo veinte Antonio Gaudí restauró el interior de la Catedral de Mallorca para darle su carácter medieval. El gran sol matinal brilla a través de esta vidriera Oriental para formar con las vidrieras de la nave y del ábside una armonía de luces y de colores.

El arte medieval del vitral es un producto puro de la Iglesia católica inspirado en algunas de sus composiciones en los manuscritos medievales. Nace en Europa del Norte en el siglo once, viaja largamente por el sur, en donde madura y muere en el siglo dieciséis víctima, entre otras cosas, del Renacimiento y de los conflictos religiosos que dividen al Cristianismo.

Los vitrales, que con sus escenas de la Biblia, de los santos y sus milagros, eran una fuente de inspiración para los devotos católicos, son considerados como una expresión de pura idolatría y de superstición por los protestantes.

En la imagen de la Lámina 2, obispos y monjes católicos son precipitados en un “molino de sacerdotes” por figuras grotescas de protestantes y transformados en serpientes y criaturas horribles. Este es un vitral satírico suizo del siglo dieciséis que se encuentra actualmente en el Museo Nacional de Zurich. Los dos campos de la Reforma están

representados con igual repulsión y el vitral está firmado y fechado por su autor Hans Jacob Kilchsperger.

Cabe mencionar aquí que los dibujos jugaron un papel clave en el proceso de producir objetos ornamentales y particularmente en los diseños de vitrales luminosos de colores. Dos ejemplos sobresalientes son los que siguen.

Este dibujo de Albrecht Altdorfer de *Cristo cargando la cruz* (Figura 1) es el único diseño existente para una vidriera emplomada. Muestra al Cristo caído de una manera única, enfatizando su pierna izquierda doblada y las plantas expuestas de sus pies. Se piensa que Altdorfer hizo este dibujo como parte de una serie de estudios para vidrieras que representarían la Pasión.

Figura 1

Dibujo de Albrecht Altdorfer de *Cristo cargando la cruz* es el único diseño existente para una vidriera emplomada.



Este otro dibujo de Hans Baldung Grien (Figura 2) es de los primeros existentes del período de Nuremberg de Baldung. La figura porcina del hombre, justo detrás de la mujer sentada, se puede comparar a la figura que se encuentra a la izquierda de Cristo en una vidriera diseñada por Baldung para la parroquia de Grossgründlach. Se ha propuesto que este dibujo fue un estudio para otra vidriera, puesto que el carácter de la composición, el diseño de la parte superior que consiste de ramas entrelazadas y las indicaciones de tiza negra para el pintor de vidrio señalan todas en esta dirección.

Figura 2

Dibujo de Hans Baldung Grien es de los primeros existentes del período de Nuremberg de Baldung. Se ha propuesto que este dibujo fue un estudio para otra vidriera.



Al evolucionar el vitral hacia un naturalismo y un realismo más marcado, gracias al uso de la perspectiva y dándole a los personajes rasgos más personales, se le comunica al vitral una nueva vida, pero al mismo tiempo el cambio hacia una imitación de la pintura, utilizando grandes pedazos de vidrio y abandonando los emplomados, lo lleva a que se pierda la esencia misma de ese arte.

En parte, el descubrimiento de nuevos procedimientos técnicos provoca este cambio. Si el uso del amarillo de plata, en el siglo dieciséis, constituye el primer paso importante hacia una pintura servil sobre el vidrio, esto no destrona el antiguo método. El uso generalizado de la pintura al barniz es el responsable, hacia el final del siglo dieciséis. Desde muchos siglos antes se utilizaban solamente tintes sombríos para pintar, por ejemplo, los detalles sobre los rostros. Pero cuando llegan los nuevos fundentes de esmalte—el ocre, el rojo, el azul de cobalto, el verde y el violeta—los maestros vidrieros pueden extender diversos colores sobre un

mismo pedazo de vidrio y fijarlos enseguida con la cocción. Pero el vitral obtenido con este procedimiento pierde mucho su brillantez translúcida y después, con el tiempo, los fragmentos de esmalte se desprenden. Aparecen así graves problemas de conservación.

Los franceses, los flamencos y los suizos utilizan a fondo esta técnica, pero los españoles se muestran mucho más circunspectos, lo que hace que los vitrales se deterioren más lentamente en España que en otros lados.

Aún el vitral creado al inicio del siglo veinte es demasiado reciente para poder juzgarlo en una verdadera perspectiva histórica. Pero ya desde la mitad del siglo se marca el origen de un período de creación excepcional. Se producen vitrales interesantes, poco comunes y con frecuencia muy bellos.

El siglo veinte también trae consigo innovaciones y mejoras en las técnicas antiguas. Una de ellas es el vidrio soldado: los pedazos de vidrio coloreado que constituyen el dibujo son de hecho soldados sobre una sola hoja de vidrio.

Inspirado por la pintura surrealista de Joan Miró, el maestro vidriero alemán Georg Meistermann realizó un vitral cuyo detalle se puede apreciar en la Lámina 3, para el cubo de la escalera de una estación de radio en Colonia. Esta vasta superficie vidriada "Tonalidades coloreadas de música" incorpora volúmenes explosivos en una red de líneas sinuosas negras.

El vitral antiguo no puede disimular su edad. Siglos de intemperie, de granizo y de sol, así como las antiguas luchas religiosas y las guerras modernas le han dejado muchas cicatrices. Sin embargo su deterioro depende en primer lugar de la composición del vidrio y de la humedad del exterior o del interior del edificio.

En su fabricación y en su recocido, el vidrio adquiere una capa protectora pero, desde que esta capa desaparece, empieza la disgregación. La humedad lanza el primer asalto, disolviendo los elementos constitutivos del vidrio como la sosa y el hidróxido de potasio, formando una solución alcalina que ataca la estructura del vidrio. Si este líquido alcalino es lavado por la lluvia, por ejemplo, las consecuencias serán mínimas, pero una película de condensación húmeda es de temerse puesto que entonces crece la alcalinidad y ésta corroe el vidrio.

La disgregación se revela bajo la forma de pequeñas cavidades en las que las partes componentes del vidrio se acumulan y dejan un depósito blanco opaco. En algunos vitrales, este depósito es sólido, en otros es friable y polvoriento.

Con el tiempo las cavidades se acentúan y pueden unirse finalmente para dejar verdaderos hoyos. Algunos de los gases contenidos en la atmósfera reaccionan con la solución alcalina y traen consigo una nueva disgregación de la superficie del vidrio. Las capas de polvo impiden la transparencia. Sobre las paredes pintadas los trazos del pincel forman aristas a medida que el vidrio se corroe. También la pintura puede ser menos durable y dejar surcos en el vidrio.

Las ráfagas de viento que deforman o rompen los paños enteros, el fuego, los choques accidentales, un pájaro que se estrella contra un elemento del vitral, las piedras lanzadas deliberadamente, todo esto causa estragos.

La parte interior del vitral también está en peligro. El polvo de los muros y del suelo y, en la iglesia, el óxido de carbono de los cirios y de los calentadores se deposita en capas, más gruesas en las partes elevadas, que oscurecen el vidrio y atacan la pintura.

En los conflictos religiosos el vitral también sufrió mucho a causa de las destrucciones que se hicieron en nombre de la Reforma. Pero también muchos vitrales fueron destruidos por el deseo de ricos comerciantes de tener el vitral más reciente, destruyendo los anteriores para hacer esto posible.

Mucho se ha logrado recientemente en la restauración de vitrales. La técnica contemporánea ha avanzado enormemente en cuanto al tratamiento que se hace de los vidrios y de los emplomados, sin desatender desde luego el estado del edificio, el ensolamiento, la protección contra el agua y contra los animales y las piedras, mediante métodos ya conocidos.

Y como siempre, hay un conflicto entre la intención de devolverle al vitral su valor original y el deseo de conservarlo tal y como está con las características adquiridas a través de los años. Otra pregunta que se plantea es si se debe quedar el vitral en su marco natural o debe ponerse en un museo para mayor seguridad.

---

## La Catedral de León

Uno de los casos que serán analizados con mayor cuidado en este Simposio es el de la Catedral de León. En esta sección que sigue he basado ampliamente mis comentarios en el maravilloso libro de mi amigo Javier Rivera sobre la Historia de las Restauraciones de la Catedral de León, que es el compendio más amplio que conozco sobre el tema.

Según Michelet, la catedral gótica constituye “la morada del pueblo”. Es el mejor símbolo de la fe de las ciudades de Europa, un centro espiritual y sociológico de la urbe medieval, en cuya construcción participaron todos sus miembros (obispo, cabildo, reyes, eclesiástico, nobleza y pueblo llano).

El abad Suger, creador de Saint-Denis de París y del verdadero prototipo gótico, concibió ésta como la presentación material de una “visión mística de la armonía que la razón divina ha instaurado en todo el cosmos”, el lugar en que le parecían “unirse el cielo y la tierra, las huestes angélicas del cielo y la comunidad humana del templo”.

La catedral surge también con el desarrollo de la vida urbana y con la ciudad, y en consecuencia, con nuevas aspiraciones del ser humano en busca de la libertad que llevará a Europa a la cultura secularizada de la que formarán parte los nuevos arquitectos, ya no monjes, sino ciudadanos abiertos que recorren todos los países llevando a todas partes la evolución de la técnica y la ciencia. La catedral no es el resultado de una personalidad o de un poder concentrado, sino el esfuerzo de todos los



ciudadanos. Se accedía a ella por sus pórticos que, según San Juan había revelado: “*Yo soy la puerta, el que por Mí entrare se salvará . . .*”. Ya en el luminoso interior se cumplía la dicha plena: “*Dios es la luz, con El no hay oscuridad alguna*”.

Los leoneses y la ciudad de León no podían estar sordos a esta revolución europea y sólo precisaban, para unirse con ardor al nuevo movimiento, un líder espiritual que fuera capaz de encauzar estas aspiraciones. Lo hallaron en un valioso prelado, don Manrique de Lara (1181–1205) que en 1181 recogía las nuevas corrientes intelectuales e iniciaba las gestiones necesarias para edificar una nueva catedral; para ello contaba con el apoyo del último rey de León, don Alfonso IX, y de su esposa, la reina doña Berenguela.

Aunque la muerte le sobrevino en 1205, en tan corto período de tiempo “cimentó su catedral con gran obra, mas no la llevó a perfección”. Sin embargo su prestigio y méritos quedaron grabados en el sepulcro que se lo erigió y luego volvió a instalarse en el lado norte del crucero de la actual iglesia.

Al mediar el siglo XIII, en el año 1254, accedió a la silla legionense uno de sus más grandiosos prelados, don Martín Fernández, que con la ayuda de la Ciudad y del generoso rey castellano-leonés, Alfonso X, emprendió innumerables obras en la diócesis. El nuevo obispo se haría eco con rapidez de la revolución cultural de origen francés que había llegado a Burgos y acto seguido iniciaría con gran decisión la nueva catedral de su sede, que habría de convertirse en la universal “*Pulchra Leonina*”.

En el Archivo catedralicio constan varios documentos que manifiestan la actividad propiciada por el magno obispo y el sabio rey. Por ellos sabemos que la nueva obra se comenzó hacia 1255. En 1258 se reunía en Madrid un concilio de obispos del reino que concedía cuantiosas indulgencias a cuantos colaborasen en la obra leonesa exhortando a los cristianos a venir en su ayuda con sus óbolos porque “*se reconstruye de nuevo a costa de grandes gastos para los que no bastaban sus propios recursos*”.

La ciudad de León conoció entonces mejores tiempos y cierto desarrollo económico y social, y a ella llegaron también los dominicos y los franciscanos, órdenes mendicantes urbanas que abrieron casa y desplegaron gran actividad.

En febrero de 1261 aparece un “Maestre Simón” como el máximo responsable de la obra. En el año de 1277 Alfonso X volvía a acudir en apoyo del templo concediéndole nuevas rentas como exenciones de impuestos a los obreros de la fábrica, citándose concretamente a veinte pedreros, un vidriero y un herrero. En 1274 Europa entera se había manifestado en el Concilio de Lyon (Lugdunense II) proclamando su solidaridad con la construcción de la Iglesia de Santa María de León, que estaba “siendo edificada con la mayor magnificencia y no puede concluirse sin la ayuda de los fieles”, recabando todo el apoyo posible de la cristiandad para conseguir su conclusión, que ya no estaba lejana.

No se poseen documentos precisos que señalen el nombre del arquitecto que concibió la traza de la “*Pulchra Leonina*”, pero, a pesar de ello, la mayoría de los estudiosos se inclinan por considerar que tal fue el

primer arquitecto de la obra de quien se tiene noticias, Maestre Enrique que debe compartir con Maestre Simón. Hacia 1255 se comenzaba el templo leonés; ya se hallaba en él el citado Maestre y cinco años antes el mismo arquitecto acababa con gran fama y prestigio la obra más importante de la Catedral de Burgos.

La traza es innegablemente francesa y bien la pudo obtener en este país el obispo Martín Fernández en círculos de la Champaña, próximos a la Catedral de Reims de quien depende notablemente. Los arquitectos la aplicarían en León, como lo denuncia su composición independiente de dependencias anexas, tales como el claustro y las sacristías.

El Maestre Enrique, cuya nacionalidad se desconoce, aunque se sospechaba fuera francés, simultanearía hasta su muerte en 1277 la dirección de las obras de Burgos y León y la similitud que se aprecia entre ambas viene en favor de la tesis expuesta.

Uno de los problemas fundamentales arrastrado por la catedral leonesa durante toda su existencia se encuentra en la deficiencia de los cimientos sobre los que se erigió. Como la mayoría de las catedrales medievales españolas, la leonesa también sufrió las modificaciones estéticas y los cambios de gusto y de conciencia de sus propietarios, los obispos de la diócesis y los canónigos que la usufructuaban.

Al igual que muchos de aquellos tuvo su origen en construcciones antiguas; ya se ha señalado que se levantó sobre los restos y el solar de unas termas romanas pertenecientes al siglo II de nuestra era, las cuales nunca fueron del todo destruidas a juzgar por el buen estado de los numerosos vestigios que todavía hoy se conservan en niveles inferiores a su actual planta de calle, algunos de los cuales fueron descubiertos por el restaurador Demetrio de los Ríos en las excavaciones producidas en el siglo XIX.

Se conservan dos planos en los que representó los lugares en los cuales halló restos de sus muros y de mosaicos romanos. En el año de 1884 descubrió los del crucero, a 2,30 metros de profundidad, y en 1888 los conservados bajo el pórtico occidental, a 3,20 metros, con parte de los hipocaustos. Según parece, los constructores góticos respetaron estos residuos tratándolos como si fueran criptas, de manera que algunos de ellos se intercomunicaban, pero Demetrio de los Ríos macizó la mayor parte de los vacíos para fortalecer la plataforma sobre la que se asienta toda la estructura.

Al final del primer tercio del siglo XVII el templo leonés se encontraba en muy lamentable estado de conservación, deshechas muchas de sus piezas, arruinada buena parte de la bóveda central, con el crucero resistiéndose de nuevo de sus deficiencias, y, por si fuera poco, sufrió un incendio en 1637 que afectó la lonja y su entorno.

En 1646, consta en los documentos del arquitecto Claudia García, tuvo que afrontar un nuevo desplome. Como se pudo, más mal que bien, durante el resto del siglo XVII se fue renqueando en las reparaciones sin afrontarlas con la seriedad necesaria hasta el final de la centuria en que llegó a la dirección de las obras el arquitecto Manuel Conde Martínez.

En 1844 la Catedral de León fue declarada el primer Monumento Nacional del Estado Español, siguiendo con ello políticas similares producidas en los países europeos más avanzados en coincidencia con el “nacimiento del concepto de restauración” que se articuló progresivamente en el siglo XIX.

Dicho Real Decreto trasladaba al gobierno de la nación las competencias de conservación del edificio leonés, pero su cabildo, ante la gravedad del hastial sur y con sus propios recursos en cantidad inmensa reducidos después de las desamortizaciones, encargó en 1849 al lego jesuita P. Ibáñez que proyectara una solución para reparar la ventana geminada que estaba a punto de desplomarse.

Realizado el plano, otro religioso, el benedictino de Sahagún P. Miguel Echano, fue el encargado de llevarlo a la práctica. Efectuó diversas labores de consolidación, desmontó la ventana geminada y construyó en el mismo muro un rosetón para iluminar el crucero.

Muchos otros técnicos y expertos han participado desde entonces en la difícil tarea de la restauración de la catedral.

En septiembre de 1986 el Instituto Getty de Conservación fue invitado a colaborar en un estudio del vidrio de las vidrieras de la Catedral de León. Se tomaron veintitrés muestras, particularmente aquellas que tenían mucha corrosión y que representaban la gama de esta corrosión. Las muestras no eran representativas de toda la catedral.

La intención de este primer conjunto de exámenes técnicos era el de obtener alguna idea aproximada de la composición básica de los fragmentos originales de vidrio y determinar si el tipo de productos de corrosión que se encuentran en el vidrio de León son semejantes a los que se han identificado en otras muestras de vidrio de Europa. Las pruebas que se hicieron fueron no destructivas. Varias técnicas se aplicaron sobre las cuales se informará después.

El Museo de Vidrio de Corning también llevó a cabo análisis comparativos de los vidrios y reportará sobre ellos, por lo que no adelantaré los resultados aquí.

Esta visión general de los vitrales, de algunos de sus problemas y de la importante obra de restauración que se lleva a cabo en la Catedral de León ha tenido como objetivo presentar brevemente algunos de los temas que serán tratados en detalles por los conferenciantes que, durante esta semana, abordarán con mucha mayor sabiduría y conocimiento que yo las áreas de su especialidad.

# Arquitectura y vidrieras: evolución del siglo XIII al XIX

*Alfonso Muñoz Cosme*

**L**A TÉCNICA CLÁSICA de la vidriería parte de tres elementos: el vidrio, el emplomado y la pintura. Se podría establecer un paralelismo entre estos tres elementos y los componentes clásicos de la arquitectura, según Vitrubio. Si el vidrio es el elemento básico en el aspecto funcional de la vidriera, como aislamiento del exterior, como gradación de la luz y caracterización de los espacios, el emplomado es la parte más estructuralmente técnica, mientras que la pintura aporta los aspectos formales. Pero esto es así sólo en parte, ya que los tres elementos forman una unión indisoluble donde la expresión artística, la técnica constructiva y el objetivo funcional no pueden ser separados.

A pesar de los cambios introducidos a lo largo de los siglos, la técnica ha permanecido inmutable en sus principios, hasta el punto de que “si un vidriero actual fuera llevado a un taller medieval, podría en seguida trabajar sin dificultades” (Frodl–Kraft 1979:29). Pero aunque los métodos técnicos se hayan mantenido, ha habido una enorme evolución en la utilización de la vidriera por las diversas arquitecturas a lo largo de la historia.

Demetrio de los Ríos al hablar de las características de las vidrieras de los diversos siglos que en la Catedral de León coexisten, lo hacía de la siguiente forma:

Siglo XIII. . . La sujeción de los vidrios, perfectamente combinados entre sí, su espesor, su excelente naturaleza y otros muchos pormenores de fábrica, permiten a estos paneles vida más larga, y al presente una conservación que están muy lejos de alcanzar los del siglo XV, y muchísimo menos los del XVI.

Siglo XIV. El deseo de realizar más libremente la pintura insinúase más, las figuras crecen y las legendarias no se adoptan sino cuando la necesidad apremia, por haber de llenarse con los paneles redondos o semicirculares huecos impuestos por la tracería de las grandes o pequeñas rosas. Los vidrios no son tan pequeños, ni su cohesión industrial resiste la prueba de los años con la entereza de los anteriores. Se ha pretendido en este siglo un apogeo que necesariamente arrastra en pos de sí la decadencia.

Siglo xv. La vidriera de éste, que sólo fue de restauración en nuestra catedral, no por eso dejó de imprimir a sus obras sus distintivos caracteres. Más obstinada en su propósito de pintura libre, desembarazándose de las trabas industriales, continuó con grandes figuras siempre que pudo, y con las pequeñas cuando el caso lo requería, pero afinando demasiado nimiamente los rasgos de pincel, y anunciando en el diseño el próximo Renacimiento. El tamaño de los cristales siguió aumentando, y la cohesión y resistencia de las vidrieras disminuyendo.

Siglo xvi. Por último, el siglo de oro lo fue de hierro para la vidriería, que acabó con él. Todo el sistema truncose por completo con la adopción de grandes vidrios cuadrados, donde a discreción se pintaba cuanto por semejante cuadrícula pasaba al acaso. Las composiciones no se contenían en los paneles, o en corto número de ellos, como en los siglos anteriores, sino que pasaban de intercolumnio a intercolumnio, siendo campo de cualquier pasaje toda una ventana, por grande que pareciese. La flaqueza de la trabazón en tales trabajos, no muy felices, y la poca elasticidad del conjunto, compuesto de vidrios que hasta parecen más delgados, no permiten a estas vidrieras mucha vejez, deshaciéndose en las manos. (De los Ríos 1895:146–47)

Para hablar de la técnica “clásica” de la vidriera, nada mejor que seguir al monje Teófilo, que en su *Diversarum artium schedula* describe la manera de hacer las vidrieras (Teófilo, s/f).

## El vidrio

Aunque hoy se suministra el vidrio en láminas ya preparadas, antiguamente se realizaba mediante soplado. No era muy común la coincidencia de fábricas de vidrio y talleres de vidriería. La materia prima para su fabricación era la arena (sílice) y necesitaba grandes cantidades de madera, por lo que los centros de fabricación estaban en la cercanía de bosques. La coloración era aportada con óxidos metálicos. Esta parte de la descripción ha sido perdida del manuscrito de Teófilo.

El vidrio se soplaba, llegando a láminas planas por procedimientos de rotación o de corte de un cilindro abierto, convirtiéndolo en el horno en láminas planas. Los vidrios medievales eran gruesos (algunos milímetros) y con impurezas, lo que los hacía más translúcidos que transparentes. El vidriero recibía los vidrios en láminas que cortaba, aprovechando su desigual grosor para conseguir tonos más claros o más oscuros.

El trabajo del vidriero comienza con el dibujo del cartón a tamaño natural. Se dibujaba sobre una mesa blanqueada o también sobre tela o pergamino; posteriormente se hizo sobre papel. El cartón reproducía la estructura del emplomado y en esquema el dibujo interior. El detalle que alcanzaban estos cartones dependía fundamentalmente de si la vidriera iba

a ser realizada por el mismo vidriero o por otro. Los colores eran señalados por un signo o letra. Hoy se colorea directamente el cartón.

Poniendo el vidrio sobre el cartón se señalaba la línea de contorno y se procedía al corte con un hierro candente. Hoy existen otras herramientas de corte, como las piedras duras o el diamante.

## La pintura

Una vez cortado el vidrio se procedía a pintar. La libertad con que ello se hacía dependía de la organización del taller, pero en general el sistema de los talleres medievales aseguraba más la unidad de la obra que los modernos. El color de la pintura es monocromo, un negro pardo o intenso. Estaba compuesta por vidrio pulverizado con un aglomerante. Mientras la pintura convencional trabaja aportando luz y color, la vidriera lo hace en negativo: tan sólo puede quitar color y luz.

Además de definir el contorno de las figuras la pintura debía modelar su volumen. Para ello se daban varias capas de grisalla con diversa intensidad que iban definiendo los cuerpos y las sombras. Aunque la vidriera medieval utilizaba un único color de pintura, con el tiempo se extendió el uso de diversos colores.

La pintura debía ser pasada por el horno para que se fundiera con el vidrio que le servía de base. La temperatura debe alcanzar los 600 °C y tener un lento enfriamiento para evitar la rotura de los vidrios.

## El emplomado

Cuando estaban preparados los vidrios pintados se disponían sobre la tabla para su emplomado. El perfil de plomo se compone de un alma y dos alas que son de forma variable según la época. En los puntos de encuentro entre dos plomos son soldados con una aleación de plomo y estaño.

El plomo permite la dilatación de los vidrios, pero tiene sus limitaciones: no pueden hacerse paneles muy grandes ya que el propio peso y la presión del viento rompería las vidrieras. En general los paneles tienen hasta 1 metro de alto y 60 cm. de ancho.

---

## Arquitectura y vidrieras en la historia

### Edad Media: una arquitectura parlante

*Este es el primer punto que debemos recordar sobre la catedral gótica. Hablamos de ella como un ambiente luminoso, lleno de luz, en contraste con los sombríos interiores de las iglesias románicas. Pero, en realidad, los interiores góticos no eran en absoluto brillantes. Los paneles gruesos y coloreados, de cristal esmaltado, brillaban sólo bajo la directa luz del sol, e incluso entonces lo que engendraban era una iluminación muda, cromática. . . . ¿Cómo, pues, puede ser artificial esta área diáfana? ¿Cómo pueden los muros, que son necesarios para levantar las pesadas bóvedas de estos inmensos edificios de piedra, ser desplazados por frágiles extensiones de*

*crystal? Esta es la épica de la tecnología gótica, que ha absorbido a historiadores y sorprendido a generaciones de modernos visitantes.*

Spiro Kostof, *Historia de la Arquitectura*

La transmutación que se opera en el siglo XIII en la arquitectura europea con la superación del románico y la aparición del gótico es a la vez un desarrollo tecnológico, un cambio funcional y una modificación de la imagen. Desde el primer punto de vista, lo que se produce es la utilización de tres elementos estructurales: el arco apuntado, la bóveda de crucería y los arbotantes, que no fueron inventados por los constructores góticos, pero que ellos los utilizaron para una nueva función.

Desde el segundo punto de vista la arquitectura desarrolla una nueva forma de comunicación con el espectador. Si ya la arquitectura románica era un soporte de imágenes y significados, la arquitectura gótica perfecciona el sistema de comunicación románico incorporando la luz a unas imágenes que antes aparecían sólo pintadas. El resultado es un instrumento de expresión de la arquitectura mucho más eficaz y de mayor alcance para las grandes masas que tenían cabida en las catedrales góticas.

Con la nueva técnica el espacio se convierte en una realidad distinta. Como dice Víctor Nieto, “La ampliación del ventanal que se desarrolla en la arquitectura gótica no fue solamente el aumento del vano en detrimento del muro: es la conversión del vano, cerrado por vidrieras, en el muro mismo. . . No existen puntos de iluminación abiertos en el muro porque, ahora, el muro es un paramento traslúcido que lo cierra todo y que lo ilumina todo con un sistema de luz coloreada y no-natural” (Nieto 1985).

El espacio así creado tiene una amplia significación simbólica. El interior de la catedral no tiene referencias al exterior y crea una nueva realidad, como un universo propio de luz difusa y cambiante, en la que la percepción de los espacios es distorsionado por el color y en la que la luz es transmitida siempre a través de las imágenes de la iconografía cristiana. La catedral medieval es pues una caja de vidrio coloreado en la que ha desaparecido la alternancia de muro y vano y en la que el espectador se encuentra en una realidad distinta a la que puede experimentar en cualquier otro lugar.

## **Renacimiento: el libro matará a la arquitectura**

*Esto matará a aquello. El libro matará a la arquitectura.*

Victor Hugo, *Notre-Dame de Paris*.

Victor Hugo describía con estas palabras el cambio que se opera en la arquitectura cuando aparece la imprenta. La arquitectura medieval, que había sido un instrumento de transmisión de mensajes, enmudeció al aparecer una nueva era que contaba con un medio más eficaz de transmisión de las ideas y los conocimientos: el papel impreso en lugar de la piedra tallada.

La arquitectura no murió, pero sí murió una forma de pensar, de ver y de construir. La nueva arquitectura del Renacimiento debe al libro haberse liberado de una carga semántica didácticamente literal para acoger otros significados más abstractos. La arquitectura deja de hablar del universo para hablar de sí misma.

La vidriera abandona su función de definición de un espacio, para convertirse en un elemento complementario a la arquitectura, como la pintura. Vuelve a existir el vano, que es ahora un gran lienzo en el que pintar. Afirmaba Viollet-le-Duc: “Lo que se ha olvidado durante varios siglos, son los únicos y verdaderos medios que convienen a la pintura sobre vidrio, medios ocasionados por la observación de los efectos de la luz y la óptica, medios perfectamente conocidos y aplicados por los vidrieros de los siglos XII y XIII, descuidados desde comienzos del XV, y despreciados después, a pesar de las leyes inmutables que la luz y la óptica imponen. Querer reproducir un cuadro, esto es, una pintura, en la que se desea obtener los efectos de las perspectivas lineal y aérea, de la luz y de las sombras, con todas sus transiciones, sobre un témpano de colores traslúcidos, es una empresa tan temeraria como pretender producir los efectos de la voz humana con instrumentos de cuerda” (Viollet-le-Duc 1854–68).

Cambia también la forma que tiene la arquitectura de desarrollarse sobre estructuras preexistentes. En el Renacimiento la nueva arquitectura no tiende a sustituir a la antigua, sino a yuxtaponerse, contrastando con ella, pero ordenándola e incluyéndola en un nuevo sistema. Las obras de Carlos V en la Alhambra de Granada son un claro ejemplo de cómo la nueva arquitectura anida en la antigua, dotándola de nuevo significado, pero sin ocultarla ni destruirla. Las actuaciones de Alberti sobre Santa Maria Novella o el Templo Malatestiano, la cúpula de Brunelleschi sobre Santa Maria dei Fiore, la creación de Miguel Angel de la iglesia de Santa María degli Angeli en el tepidarium de las termas de Diocleciano o la reconversión del Teatro de Marcello en el Palazzo dei Savelli, son ejemplos de esta forma de reutilizar ordenando, yuxtaponiendo un lenguaje que no anula lo anterior, sino que lo dota de contenido.

En Córdoba, el espacio isótropo y seriado de la mezquita se vio interrumpido por los muros del templo que se erige en su interior. Una nueva iluminación, un nuevo espacio se levanta dentro de un organismo preexistente, creando sombras nuevas y dotando de nueva orientación al anterior fluir de espacios.

En Granada, Arnao de Vergara en 1538 y 1539 realiza vidrieras para la Casa Real de la Alhambra (Nieto 1970). En el año de 1590 un incendio en un molino de pólvora cercano a la Alhambra produjo graves daños en el conjunto, entre ellos la destrucción de todas las vidrieras. En 1595 concluye Francisco Ruiz, pintor, soldado y vecino de la Alhambra, la realización de quince vidrieras grandes y dieciocho pequeñas. Estas vidrieras estaban pintadas con letras árabes y las yeserías se hicieron imitando en forma y cromatismo lo existente.



## Barroco y neoclásico: luz, más luz

Si la intervención sobre las arquitecturas históricas se había planteado en el Renacimiento como una culminación de la obra en la que lenguajes diversos conviven, en el Barroco la arquitectura se convertirá en un decidido agente de transformación de la realidad sobre la que actúa. Por ello en la época barroca se revisten las estructuras con una nueva forma, se transmutan los espacios y una nueva luz baña todos los ámbitos. Los campanarios con que Bernini adorna al Panteón de Agripa o la reconversión de San Juan de Letrán por Borromini son ejemplos de esta sensibilidad.

El espíritu de la Contrarreforma se manifiesta en las iglesias con una nueva ordenación del espacio que tiende a concentrarse en un único centro de atención. Este es el espíritu que anima al arzobispo Diego de Astorga y Céspedes en 1720 para decidir que en la catedral toledana había que emprender una profunda reforma. La presencia del sacramento había de manifestarse en el trascoro con una violenta luz, convirtiendo el espacio funcional de la girola en un espacio representativo, dirigido hacia el presbiterio con una escenografía teatral. Para ello Narciso Tomé construyó un altar, pero también una nueva luz que lo iluminara de una forma concentrada, en abierto contraste con la luz tamizada del resto del templo. Toma la tradición de las “camere di luce” italianas para en vez de sacar el retablo a la fachada, como era lo usual en la época, introducir el sol en el templo para que el nuevo retablo destellara a la luz del día en contraste con la penumbra de las fábricas góticas.

Los arquitectos de la Ilustración muestran una gran fe en su arquitectura, mientras menosprecian las construcciones anteriores. La nueva arquitectura no intenta ordenar ni ocultar la antigua, sino simplemente sustituirla por la arquitectura de la nueva era. A la yuxtaposición y a la superposición ha sucedido la suplantación. El derribo de la iglesia románica de Santo Domingo de Silos, por Ventura Rodríguez para erigir en su lugar un templo neoclásico, la reforma del Colegio de Santa Cruz en Valladolid, o la supresión de la fachada gótica de la Catedral de Pamplona, son exponentes de una práctica arquitectónica que anula los estilos y testimonios del pasado.

Este es el clima imperante cuando Francisco Sabatini, el arquitecto de Palermo afincado en la corte de Carlos III, asume el compromiso de realizar el nuevo retablo para la catedral de Segovia. El constructor neoclásico no acepta que su obra sea iluminada a través de los vidrios pintados, por lo que elimina parte de las vidrieras a fin de conseguir una mejor iluminación del retablo y trascoro. Mutilada quedará así la obra en la que los vidrieros habían trabajado sobre un programa iconográfico unitario.

No es éste un caso aislado. El espacio representativo y simbólico de las arquitecturas medievales dejó de ser entendido mucho tiempo antes, y en su lugar se desarrolló un espacio racional, en el que la luz era un ingrediente básico de percepción y experimentación del espacio y, en definitiva, de ordenación y racionalización del universo. Por ello se

destruyen muchas vidrieras en el siglo XVIII para dejar penetrar la luz a raudales en la arquitectura, cambiando profundamente muchas de las cualidades de las arquitecturas preexistentes.

### **Siglo XIX: nueva luz para lenguajes del pasado**

En el siglo XIX la intervención sobre la arquitectura histórica se realizará desde nuevas premisas. La nueva construcción tenderá a fundirse con la antigua en una relación de imitación y reactivación de lenguajes obsoletos. La labor de restauración se extiende a la totalidad del edificio para reinterpretarlo desde la unidad de estilo.

En esta época se realizan en la Alhambra las restauraciones de Rafael Contreras. Habilísimo artesano, Contreras había estudiado detenidamente la técnica utilizada por los alarifes nazaríes y se propuso recuperar los métodos originales para reproducir las fábricas y ornamentaciones primitivas. Los criterios son claros:

No era nuestro propósito llevar las restauraciones hasta el caso de pintar y dorar con la exuberancia que lo hicieron los árabes; porque sostenemos con respecto a la restauración de las obras de arte la opinión de conservarlas hasta donde sea humanamente posible y después que la obra se cae rota o pulverizada, reponerla, cubriendo el hueco con otra semejante para que la nueva sujete a la antigua que se halla expuesta a desaparecer también. Esta teoría es aplicable en absoluto a los edificios, y puede admitir modificaciones en la pintura y escultura; pero si se conduce bien, prolongará la vida al monumento indefinidamente, sin que deje de notarse lo que corresponde a cada época de restauración (Contreras 1878).

Realmente hoy, tras la restauración de Contreras, contemplamos la Sala de Camas de la Alhambra de Granada, como una obra del historicismo decimonónico. Las formas y los espacios alterados están iluminados con una nueva luz más diáfana, apropiada para contemplar y admirar las yeserías y azulejos, pero completamente distinta de la que debió tener en su origen. Esa nueva luz se estrella contra los ornamentos de brillantes colores, creando un cuadro radicalmente distinto del que la historia nos había legado.

A fines del siglo XIX es cuando se produce la restauración de la Catedral de León. La Academia había fijado unos criterios para la restauración: Completar y respetar la ubicación de las vidrieras de estilo homogéneo, mientras que aquellas compuestas por vidrios de diversas épocas habían de ser reordenadas a fin de formar un conjunto homogéneo.

Esta orientación refleja una consideración de la obra como algo a perfeccionar, pero además considera a la vidriera como un cuadro para ser contemplado, en lugar de un mecanismo de regulación lumínica y un símbolo.

Hoy las vidrieras de la Catedral de León constituyen una grandiosa obra de vidriería de finales del XIX, formando un conjunto en el

que tan sólo entre un 20% y un 40% de los vidrios son anteriores a la restauración, con frecuencia alterados en su localización y repintados. La restauración permitió que llegaran hasta nosotros los vidrios originales y el esquema general, pero a costa de perderse la obra original de vidriería.

En nuestros días, la Catedral de León permanece iluminada por una luz extraña. Los brillantes colores de los vidrios modernos, que dejan una sombra de color sobre muros y suelos, contrastan con la opacidad de los originales, y las naves se ven invadidas por unas luces que los hombres del siglo XIX soñaron para los templos góticos.

## La arquitectura moderna: el sueño de la caja de vidrio

*Vivimos generalmente en espacios cerrados. Estos constituyen el medio ambiente en que se desarrolla nuestra cultura. Nuestra cultura es, en cierto modo, un producto de nuestra arquitectura. Si queremos aumentar nuestro nivel cultural, nos vemos obligados, nos guste o no, a transformar nuestra arquitectura. Y esto sólo será posible si eliminamos el carácter de espacio cerrado de las habitaciones en que vivimos. Pero sólo podemos conseguirlo con la arquitectura de cristal, que deja entrar en la habitación la luz del sol y de la luna y de las estrellas, no sólo a través de un par de ventanas, sino a través de tantas paredes como sea posible, construidas de vidrio, de cristales de colores. El nuevo ambiente creado así, debe aportarnos una nueva cultura.*

Paul Scheerbart, *Glasarchitektur*  
Berlín 1914

El desarrollo de la industria de acero durante el siglo XIX había posibilitado la construcción de grandes superficies acristaladas, utilizándolas para invernaderos, estaciones, mercados, etc. El Palacio de Cristal, de John Paxton, en la Exposición de Londres de 1851, era la demostración de que el vidrio podía ser el cerramiento de un edificio de las mayores dimensiones vistas hasta entonces: medio kilómetro de largo y 124 metros de ancho.

Pero las estructuras de hierro fundido y vidrio siguieron relegadas o a las grandes exposiciones o las construcciones especiales. En 1914 Bruno Taut construyó en la Exposición del Werkbund de Colonia el Pabellón de la Industria del Vidrio, que quería acercarse a una arquitectura totalmente basada en el empleo del vidrio, era un manifiesto hecho edificio, coetáneo al que con palabras compuso Scheerbart.

Pero sería otro arquitecto alemán, Mies van der Rohe el que llevaría esta idea de la arquitectura de vidrio a su más pura expresión. Desde sus proyectos para rascacielos de vidrio hasta la Nueva Galería Nacional de Berlín transcurre casi medio siglo de búsqueda de la “caja de vidrio”. Si en el proyecto de rascacielos para la Friedrichstrasse (1920) Mies sueña con un edificio con piel de vidrio que muestre su estructura interna, en la casa Farnsworth (1945–1950), la estructura sale al exterior para adosarse a los muros de vidrio y en la Galería Nacional de Berlín, la estructura se hará totalmente independiente, dejando un espacio

---

## Las vidrieras de la Catedral de León

*Aunque entré dentro de la iglesia, yo cierto que pensé que aún no había entrado, sino que todavía me estaba en la plaza, y es que como la iglesia está vidriada y transparente, piensa un hombre que está fuera, y está dentro.*

*La pícara Justina*

La obra de vidriería de la Catedral de León es de una importancia trascendental para el patrimonio histórico español, por su variedad de épocas, programas iconográficos y su enorme extensión. En un edificio nunca concluido, construido y reconstruido sin cesar, las vidrieras corrieron idéntica suerte que las fábricas, y si hoy las vemos fundamentalmente como una gran obra de vidriería del siglo XIX los restos que subsisten de diversas épocas y su carácter de compendio de la historia de la vidriería española, le dan un valor de pieza única, de cuyo estudio pueden desprenderse interesantes conclusiones sobre la historia de las vidrieras españolas.

Las vidrieras leonesas pueden, por lo tanto, contemplarse de tres formas. Tradicionalmente han sido vistas como una obra de la vidriería medieval, pero cuando se profundiza en su estudio se comprende que es fundamentalmente una obra del historicismo neogótico del siglo XIX. Finalmente, la Catedral de León es una especie de museo de la vidriería española, donde se encuentran entremezclados fragmentos de toda la historia de la vidriería en España.

### Historia de las vidrieras

Las vidrieras más antiguas que se conservan en la Catedral de León tienen su origen en el siglo XIII y según Gómez Moreno (1925:261), serían las de las capillas absidiales, de las que quedan escasos restos, destacando cinco o seis rosas. Del mismo siglo serían tres de las ventanas altas que han llegado hasta nosotros, concretamente la 5, la 16 y la 31, a pesar de haber sufrido grandes restauraciones y evidentes cambios en la localización de los paneles.

La ventana 5, denominada de la cacería, ofrece un gran interés. Representa escenas cinegéticas alternadas con ángeles músicos y representaciones de las ciencias del trivium y el cuadrivium, y el desorden de los paneles indica que han sido cambiados de lugar con respecto a su localización primitiva, que podría ser otro lugar del templo o, como sostiene Domínguez Berrueta (1951), el palacio de doña Berenguela, destruido en el siglo XV.

Las ventanas 16 y 31, por su parte, han llegado a nuestros días muy alteradas. La primera sufrió una gran destrucción con motivo de la construcción del retablo y fue reconstituida en la restauración de fines del

XIX con la adición de restos de los ventanales 1 y 6. La 31 tiene figuras de ángeles músicos y de reyes en medallones, lo que parece indicar que pertenecían a un árbol de Jesé.

La existencia de referencias documentales a vidrieros en los primeros años del siglo XIII, como Domingo (1214), Juan (1231) y Adam y Fernán Arnol (1236) parecen indicar que estos maestros trabajaron en alguna obra distinta a la catedral, como supone Fernández Arenas (1976), ya que las obras del templo se encontraban en ese momento muy poco avanzadas. Quizá su trabajo iba destinado al ya citado palacio de doña Berenguela.

De finales del siglo XIII o ya del XIV podría ser la serie de ventanas altas del lado septentrional de la nave mayor, de la 1 a la 6, salvo la 5 ya comentada y la parte inferior de la sexta. Las vidrieras de esta época contienen composiciones de dos figuras por vano, restauradas en diversa medida y con cambios con respecto a su disposición originaria, especialmente en la 1 y la 6. La falta de documentos de esta época impide conocer más detalles.

En el siglo XV existe una gran actividad de vidriería, de la cual tenemos constancia por numerosos documentos que nos han llegado. Durante el obispado de Juan de Villalón (1419–1424) aparecen numerosas compras de vidrio, plomo y estaño y tenemos constancia de que en 1424 trabajaba como maestro vidriero un tal Juan de Argr o de Arquer (Actas Capitulares 1424). Gómez Moreno atribuye a su mano los cuatro ventanales del crucero hacia poniente, el rosón septentrional y otros cinco ventanales hacia el sur (Gómez Moreno 1925), mientras que Fernández Arenas sostiene la hipótesis de que su ciclo incluye las vidrieras del presbiterio desde la 11 a la 21. Continuación del trabajo de Juan de Arquer fue el de Alfonso Díez, durante el obispado de Alfonso de Cusanza (1425–1435) (Actas Capitulares 1441), maestro al que se le atribuyen las ventanas 9, 10, 22 y 23 de la serie alta.

A mediados del siglo quince existe constancia documental de tres vidrieros, Valdovín, Anequín y Juan, a los que se debería la serie de ventanas altas del lado meridional de la nave mayor (Fernández Arenas 1982). Esta es la época en la que el pintor Nicolás Francés trabajaba en la catedral, y pudiera ser que realizara cartones para estas vidrieras, según se desprende de un documento citado por Sánchez Cantón (Francés 1925).

Durante el siglo XVI existen numerosas referencias a maestros vidrieros, pero la única obra de conjunto fue la realizada por Diego de Santillana y Francisco Somoza en la Capilla de Santiago a partir de 1507 (Actas Capitulares 1507). Otros maestros que trabajaron en este siglo son Francisco de Ayala (1513), Martín (1522) que reparó una vidriera en la sacristía, Rodrigo de Herreras (1565) que realizó las vidrieras de la capilla central del ábside (Actas Capitulares 1594), y Diego de Herreras, hijo del anterior. De Martín podría ser la vidriera renacentista de la parte inferior de la ventana alta número seis, que está fechada en 1524.

En este siglo se realizaron numerosas reparaciones, así como probablemente la supresión o cambio de lugar de algunas vidrieras. Por el testimonio de fray Atanasio Lobera sabemos que a finales del siglo XVI ya

se encontraban tapiadas y habían desaparecido las vidrieras de las ventanas bajas (Lobera 1596), pintando en los paramentos figuras que posiblemente representaban la iconografía de las vidrieras desaparecidas (Puyol 1912), y persistiendo únicamente las ojivas y las rosas inferiores.

La modificación de la estructura de cubierta de las naves laterales, con la construcción de un tejado a un agua, dejó los huecos del triforio cegados, con lo que se desmontaron las vidrieras de estas ventanas, lo cual “suministró un repuesto de material para los apaños sucesivos en las restantes vidrieras” (Laviña 1876), tabicándose los vanos con adobes. En el hastial oeste se salvaron el último panel, las ojivas y la rosa.

El cerramiento con sillería de las lancetas o estrechos huecos laterales de las ventanas parece más antiguo y quizá respondiera a una función estructural de refuerzo de los pilares. No obstante, es seguro que en un principio tuvieron vidrieras, ya que Demetrio de los Ríos escribe: “Hubiéramos dudado de su existencia a no hallar multitud de veces dichos paneles cubriendo las faltas de las ventanas mayores” (De los Ríos 1985).

Posiblemente en el siglo xv se había cerrado una ventana en la capilla primera y todas las de la quinta. En el ábside la ventana central fue destruida en su mayor parte al realizar Tomé Gabilán el transparente hoy desaparecido (De los Ríos 1985). En el año de 1755 la fábrica de la catedral resultó dañada por un terremoto, en especial el hastial meridional, por lo que hubo de cegarse el triforio de la fachada sur, sustituyéndose el rosetón por un doble hueco apuntado (Navascués 1977).

Los restauradores se encontraron en el siglo xix con la obra de vidriería muy alterada y en parte desaparecida. Faltaban las vidrieras de las ventanas bajas salvo los restos en las ojivas y rosas inferiores; las del triforio prácticamente en su totalidad, varias en las capillas, el rosetón sur, la ventana alta central del ábside prácticamente en su totalidad y las lancetas y algunos fragmentos en el resto de las ventanas altas. Otros numerosos paneles se encontraban presumiblemente alterados con respecto a su localización primitiva o reparados con fragmentos extraños.

Vea Láminas 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

## La restauración de las vidrieras

*Si cinco o diez paneles pueden sacarse entre los muchos metros superficiales que cierran las tracerías de ventana, todo el resto carece de energía para volverse a colocar, deshecho totalmente el emplomado, rotos casi todos sus vidrios pintados, sustituidos en pésima forma y sin ningún arte, y dispuestos a dejar caer los que se mantengan adheridos a los plomos al menor soplo de los vientos reinantes en esta tierra . . .*

Demetrio de los Ríos

La importante obra de restauración que sufrió la catedral leonesa durante el siglo xix habría de afectar también de forma decisiva a las vidrieras. Demetrio de los Ríos, al hacerse cargo de la dirección facultativa de las obras en 1880, contempla desde el principio la restauración de las vidrieras, una vez que la seguridad estructural del templo estaba

asegurada. Desmontadas durante las obras y almacenadas, constituyeron una constante preocupación del arquitecto, que en una carta al Director General de Instrucción Pública escribía: “¿Se va a hacer todo lo que hemos propuesto antes de acordarse de estas preciosas vidrieras, caudal artístico el más rico de la Catedral de León? Si esto así se intenta se expone la restauración acabada de concluir con tanto esfuerzo y con tanto costo a que entrándose las aguas, heladas y la intemperie por todos los huecos abiertos, la fábrica se detrimente aun antes de abrirse al culto” (De los Ríos 1890).

Ya en 1883 se había aprobado un presupuesto para la copia del diseño de las vidrieras. Demetrio de los Ríos envía un primer proyecto acompañado de una memoria sobre los asuntos y estado de las vidrieras, que son objeto de informe por parte de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, en los cuales se marcan unas directrices: la restauración de las vidrieras de las que “quedan restos bastantes que fijan el carácter y significación de lo que debió existir en otros tiempos”, “respetar las vidrieras existentes en sus respectivos lugares, ya provengan de los siglos fundamentales XIII y XIV, o ya sean de las restauraciones de siglos posteriores” y finalmente, “en cuanto al caso concreto de si las vidrieras de las capillas absidiales formadas de medallones con pequeñas figuras, obras de los primeros siglos, restauradas en el XVI con paneles de grandes figuras ejecutados a continuación de los que muestran los referidos medallones, la Sección opta por que se haga desaparecer semejante heterogeneidad, haciendo extensivo este criterio a los casos que pueden presentarse de complicación de dos o tres estilos o épocas en el conjunto de la misma vidriera” (Ruiz de Salces 1889:140).

También propone la Academia que la restauración de las vidrieras existentes se realice con vidrio de producción nacional, y que para las nuevas se abra un concurso internacional, fijando el Cabildo los asuntos que deben representar. El coste de la restauración propuesta habría de ascender a 234.746,60 pesetas para las vidrieras nuevas y 275.019,90 para las antiguas, con lo que el importe calculado por Demetrio de los Ríos ascendía a 509.766,50 pesetas. En 1891 el arquitecto envía un nuevo proyecto con escasas modificaciones sobre el anterior, al que acompaña con otro de instalación del taller de vidrieras. En el informe de la Academia se propone que la restauración se haga también por concurso, éste con carácter nacional, y se informe favorablemente el proyecto de taller de vidrieras.

No culminaría Demetrio de los Ríos la restauración que durante tanto tiempo le había preocupado, porque el 27 de enero de 1892 falleció, dejando inconclusa su obra. Su sucesor en la dirección de las obras, Juan Bautista Lázaro, da una nueva orientación a la restauración de las vidrieras. En su proyecto del año 1894, el arquitecto expone que la propuesta de Demetrio de los Ríos, con establecimiento de un taller de vidriería y la celebración de un concurso internacional, “exige tal serie de dificultades y dilaciones que por el momento, y sin perjuicio de que se lleve a cabo en todos sus términos más adelante, no satisface la urgente necesidad de preservar las obras hechas, y en especial el pavimento y la

sillería del coro de los daños que se ocasionan por la penetración de las aguas y nieves en el interior del templo” (Lázaro 1894).

Propone también reducir los costes de la restauración, “habida cuenta de la escasa consignación de 40.000 pesetas anuales que para todas las operaciones de estas obras se han destinado en el presupuesto vigente”, y plantea un plan de actuación: “De las 31 ventanas de la nave alta existen todos los paneles de las ojivas, excepto la del eje del ábside, con una superficie de 753 metros cuadrados, faltan todas las rosas altas de las mismas y las 48 ojivas que estuvieron tapiadas, con una superficie estas últimas de 153 m<sup>2</sup>. De los tres grandes rosetones falta en absoluto el del sur, de 31 m<sup>2</sup>, y existen los del norte y del oeste en su mayor parte, puesto que del primero hay 28 metros útiles y 23 del segundo. Se puede pues cerrar la mayor parte de la zona alta, que es la más calada, y por tanto por donde penetran más las aguas con sólo reponer las vidrieras existentes” (Lázaro 1894).

Escribe asimismo que la mitad de las ventanas están en disposición de reponerse sin más coste que el arreglo de sus plomos, colocación y alambrados. La otra mitad necesitaría además la reposición de vidrios rotos y el arreglo de los alterados.<sup>1</sup> Se había realizado como prueba el rosetón oeste, que llevado a Barcelona, había sido restaurado por Rigalt, copiando los vidrios antiguos, completando los paneles incompletos y rehaciendo los deshechos.

La restauración de Juan Bautista Lázaro es más económica y reducida que la que proponía Demetrio de los Ríos, renunciando a aquellos aspectos que pudieran retrasar la restauración y aumentar los costes, como la instalación del taller de vidrieras y el concurso. Aprobado el proyecto, comenzaron en seguida las obras, y cinco años después estaban colocadas veinticuatro vidrieras y en vías de colocación las restantes de las ventanas altas.<sup>2</sup>

En abril de 1899, Juan Bautista Lázaro redacta un segundo proyecto, que contiene la realización de las vidrieras nuevas y la reparación de las antiguas que, situadas en la parte baja del templo, no habían sido incluidas en el primero. Para el rosetón sur, que había desaparecido en el siglo XVIII, propone un programa iconográfico basado en los motivos de las esculturas de la puerta norte. En cuanto al triforio, en donde faltaban todas las vidrieras salvo en los hastiales oeste y norte, expresa que por sus reducidas dimensiones y su reducida visión no es apropiado representar figuras, sino escudos heráldicos. Sólo en el ábside, por sus mayores dimensiones y mejor punto de vista, se representarían figuras.

Las ventanas bajas de la nave, de las que sólo restaban las ojivas y algunas rosas, habrían de cubrirse con vidrieras de motivos vegetales, siguiendo el diseño de los restos que quedaban en las ojivas, en contra de lo propuesto por Demetrio de los Ríos, que proyectaba reproducir en vidrio las figuras pintadas en los cerramientos, siguiendo la tradición que decía que eran copias de las primitivas vidrieras. Las razones que da Lázaro para tomar motivos vegetales es la desproporción entre las posibles figuras y las que están representadas en las rosas, el que sólo persistían doce figuras pintadas de las cuarenta necesarias, y finalmente, el que al ser



observadas de muy cerca se delataría la nueva factura de las mismas. Finalmente, con respecto a las ventanas de las capillas decide que puesto que “se conservan por fortuna casi todas las vidrieras, si bien su estado de conservación es harto lamentable”, se deberían “ordenar los dispersos fragmentos, remontarlos y calcar en buenos y nuevos vidrios aquellos que por su estado de deterioro no puedan aprovecharse” (Lázaro 1894).

El trabajo de restauración, dirigido por Juan Bautista Lázaro, contó con la colaboración de los pintores Santamaría, Aller, López, Miguel, Bolniaga, González, Carniaga y Castro y los vidrieros ajustadores Moncada y Pérez (Fernández Arenas 1976:23). Quedó concluido en 1901, año en que fue bendecido el templo con todas las obras terminadas. Presentado a la Exposición Nacional de Bellas Artes de 1897, obtuvo la medalla de oro.

Con posterioridad a esta restauración pocas actuaciones se han realizado en las vidrieras. En 1939 un proyecto de Juan C. Torbado contempla la protección de las vidrieras mediante la instalación de bastidores de hierro con alambre de acero galvanizado, así como la reposición de vidrios rotos sin desmontar el panel.

Ya en los años sesenta el arquitecto Luis Menéndez Pidal proponía la sustitución de las vidrieras del triforio del ábside porque “molestan y dañan en alto grado el magnífico conjunto interior de la catedral”, proponiendo unas trazas semejantes a las de las vidrieras de la Capilla de Santiago. En el proyecto de 1964 se contempla la sustitución de cuatro de estas ventanas y en el de 1972 “el cambio de las tres vidrieras del ábside, en el triforio, para eliminar las vidrieras modernas” trabajos que se encomendaron a D. Santos Cuadrado (Menéndez Pidal 1964, 1972).

El 29 de mayo de 1966 se declaró un incendio a las ocho de la tarde que destruyó gran parte de la cubierta, pero que no produjo daños apreciables sobre la vidriería, seguramente por no utilizarse agua para la extinción, lo que hubiera podido producir el desplome de las bóvedas. Dos años después del incendio un nuevo proyecto de Menéndez Pidal contempla la protección de las vidrieras con tela metálica inoxidable montada sobre bastidores metálicos fijos y la reparación con sustitución de vidrios y emplomado de unos 690 m<sup>2</sup> de vidrieras (Menéndez Pidal 1968).

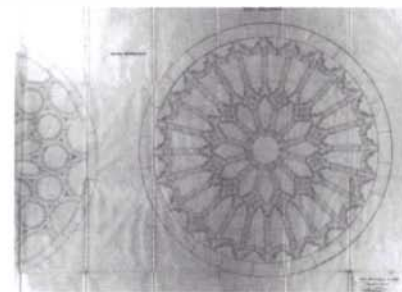
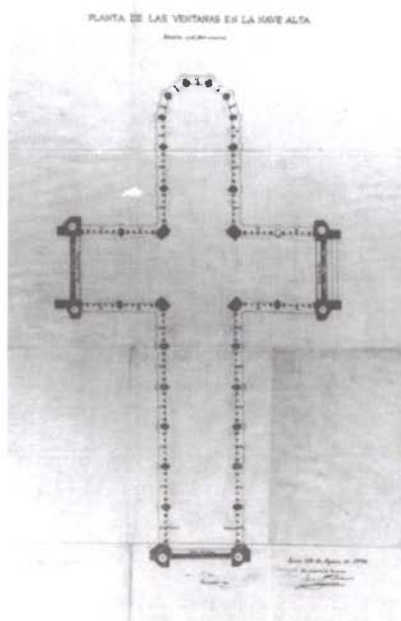
## Interpretación

La riqueza y la complejidad del conjunto de vidrieras leonesas requieren un proyecto de investigación que ayude a desentrañar lo que ocho siglos de trabajos y destrucciones han mezclado en un variado mosaico heterogéneo. La documentación existente es muy cuantiosa. En el archivo catedralicio existen documentos desde el siglo XIII, se conservan las actas capitulares y los libros de rentas; y numerosos documentos del siglo diecinueve están depositados en los archivos de la administración central, entre ellos los proyectos de restauración de las vidrieras.

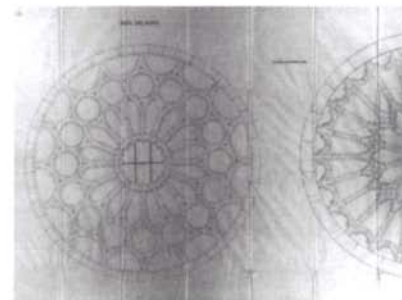
También se conservan gran parte de los bocetos utilizados en la restauración, así como algunos dibujos de la toma de datos anterior a la restauración. Localizar la totalidad de las copias coloreadas que se hicieron

*Figura 1*

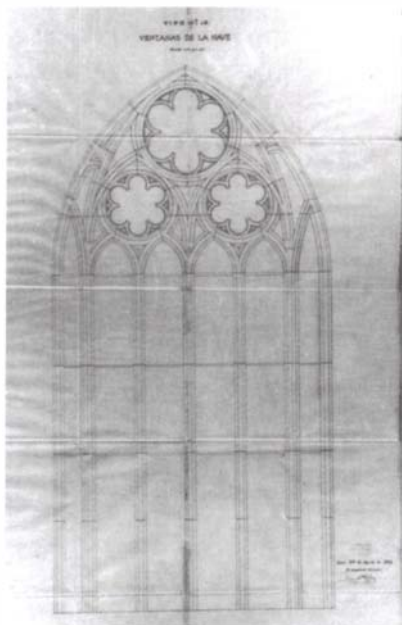
Juan Bautista Lázaro. Planta de las ventanas en la nave alta. Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. 28 de agosto de 1894.



a



b



*Figura 3*

Arriba. Juan Bautista Lázaro. Ventanas de la nave. Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. 28 de agosto de 1894

*Figura 4*

Derecha. Juan Bautista Lázaro. Ventanas del presbiterio y ventanas del ábside. Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. 28 de agosto de 1894.

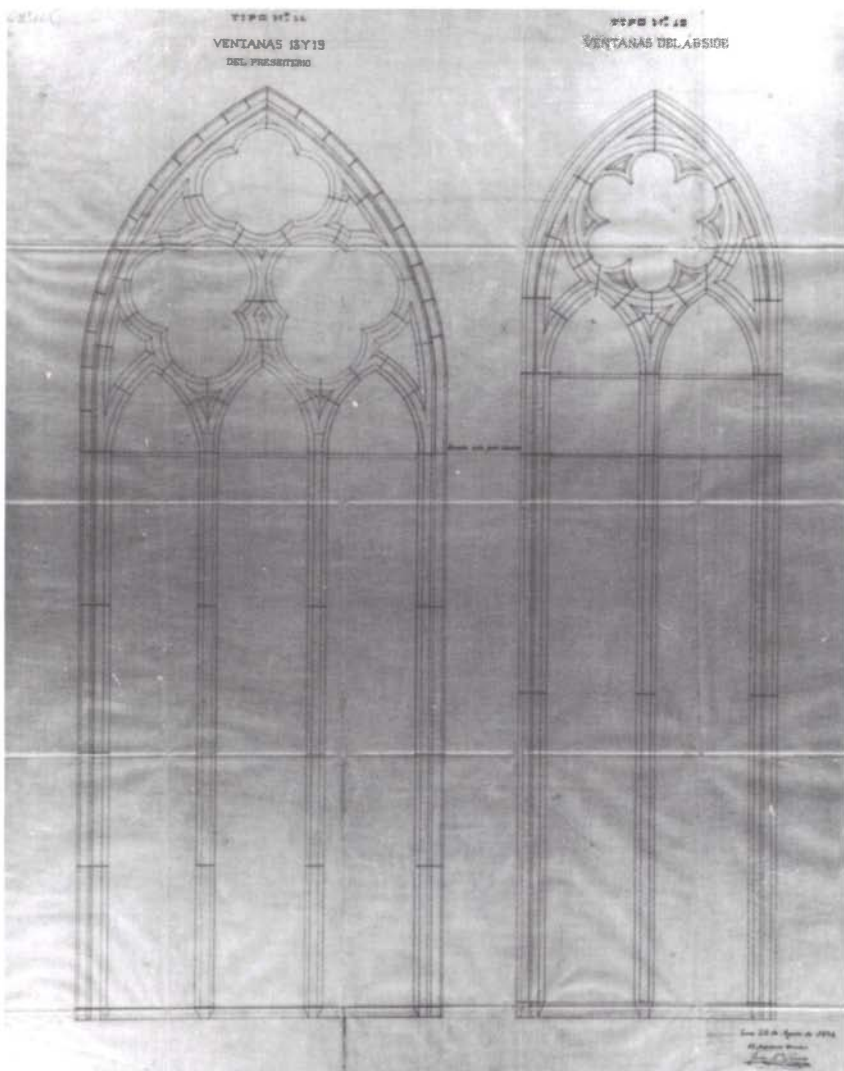


Figura 5

Juan Bautista Lázaro. Rosa del sur. Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. 27 de abril de 1898.

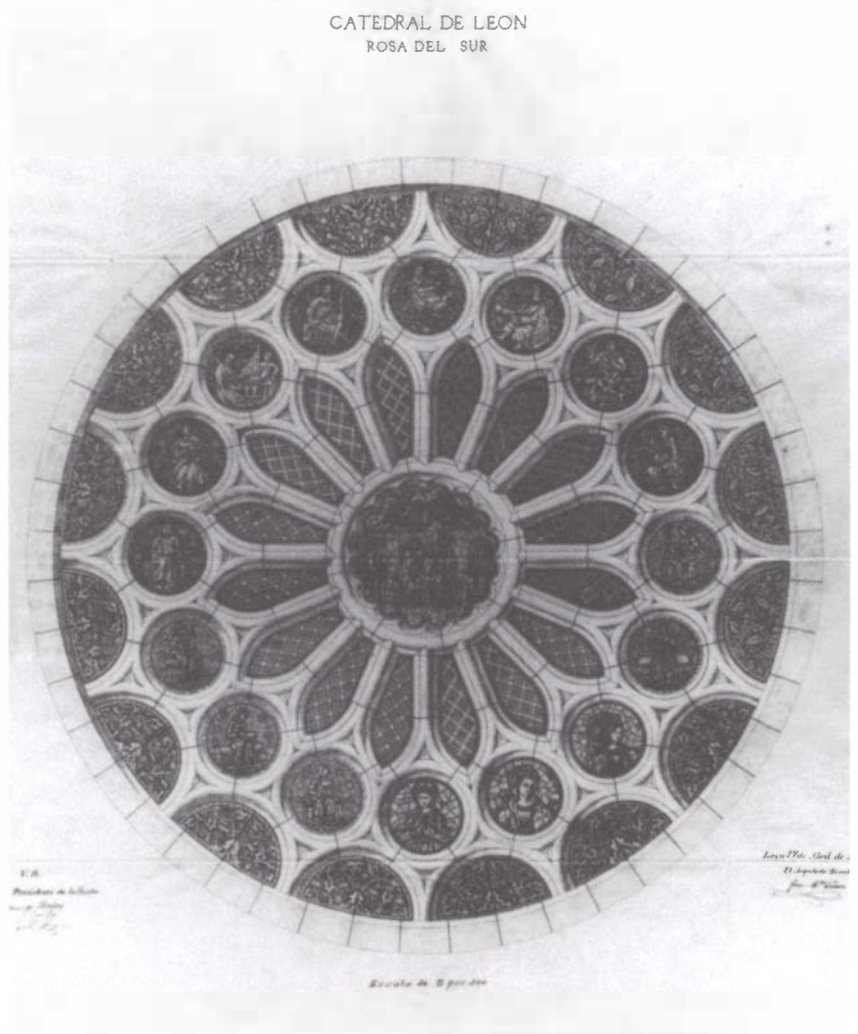
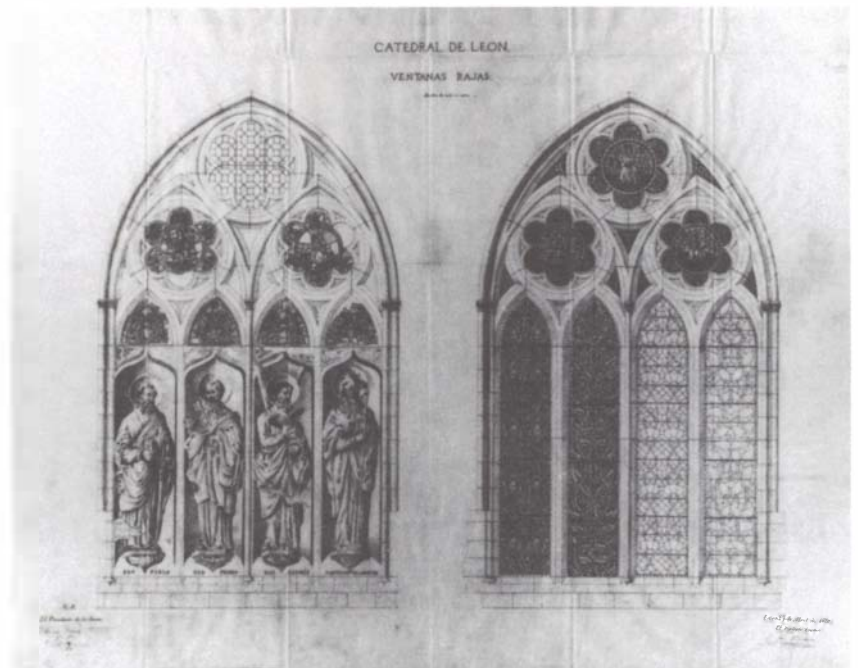
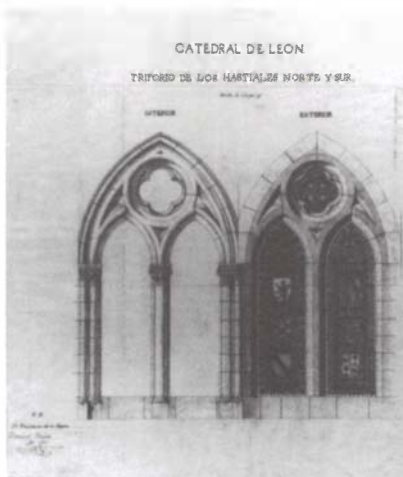


Figura 6

Abajo. Juan Bautista Lázaro. Triforio de los hastiales norte y sur. Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. 27 de abril de 1898.

Figura 7

Abajo-derecha. Juan Bautista Lázaro. Ventanas bajas. Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. 27 de abril de 1898.



de las vidrieras antes de la restauración sería un testimonio importantísimo para conocer la historia de las mismas. Hasta tanto no se estudien detalladamente estos documentos y se confronten con la realidad actual de las vidrieras, tan sólo se puede hablar de hipótesis de interpretación.

La teoría de que en el siglo XIII la catedral quedó totalmente cerrada con vidrieras, tal como defiende Gómez Moreno, es muy probable. En caso de que esto fuera cierto, el resto de intervenciones posteriores habrían reparado, sustituido o trasladado las originales. La circunstancia de que antes de la restauración los restos de vidrieras de este siglo estuvieran muy dispersos (capillas absidiales, ventanas altas 1, 5, 6, 16, 31), así parece indicarlo.

La confluencia en las vidrieras de ciclos iconográficos diversos y de distintos estilos da pie a muchas conjeturas. La ventana 5, con sus escenas de la cacería y de las artes, es de sí un problema histórico. Parece verosímil que proceda de un lugar extraño a la catedral, como tradicionalmente se viene afirmando.

La existencia en las ventanas altas de dos modelos distintos de composición, con dos o tres figuras por vano, plantea la posibilidad de que parte de esos paneles provengan de otro lugar del propio templo. Las ventanas bajas fueron cerradas en un momento ignorado y en su lugar se pintaron imágenes que, según la tradición, imitaban a las vidrieras suprimidas.

Por un plano de Juan Bautista Lázaro tenemos constancia de una de esas ventanas con las imágenes de los cuatro apóstoles, lo cuales están representados en las ventanas altas de la zona del ábside. Lo extraño de que se repitiera una imagen en dos zonas distintas de la catedral y la coincidencia de medidas hace pensar que posiblemente una parte de las vidrieras bajas fueran trasladadas de sitio tras su supresión para reemplazar a las ventanas altas en mal estado. Esta operación habría sido realizada en el siglo XV o el XVI.

Similar problema plantean las ventanas del triforio. Una vez suprimidas pudieron quizá servir para reemplazar las ventanas altas, si bien su menor altura obligaba a que se dispusieran tres figuras por vano. Ello puede explicar la diferencia existente en la composición de vidrieras coetáneas.

Si estas hipótesis fueran ciertas corroborarían el hecho de que las vidrieras expuestas al mediodía se deterioran en mayor grado, puesto que serían las ventanas meridionales y las del ábside las más sustituidas, salvo la 31 que está resguardada del soleamiento por la torre. Las situadas al norte de la nave, por el contrario habrían permanecido inalteradas.

Estas conjeturas sólo pueden ser comprobadas mediante una exhaustiva investigación que desde la documentación existente y la realidad material de las vidrieras llegue a establecer el origen, la época, localización original y posibles traslados de las vidrieras de la Catedral de León, y aporte con ello una información decisiva para la historia de la vidriería en España.

---

## Notas

1. Para ello se basa en la evaluación del estado de conservación hecha por Demetrio de los Ríos, según la cual sería: Estado regular: 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 22, 23, 24, 25, 30 y 31 (13 ventanas). Estado mediano: 1, 2 y 20 (3 ventanas). Estado malo: 4, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 26, 27, 28 y 29 (15 ventanas).
2. Así lo testimonia el propio Juan Bautista Lázaro en el nuevo proyecto de 1899.

---

## Citas

- Actas Capitulares**
- 1424 (9800). Fol. 25. Archivo Diocesano de León.
- 1441 (9802). Fol. 2. Archivo Diocesano de León.
- 1507 Publicado por López Ferreiro en *Santiago de Compostela*. Archivo Diocesano de León.
- 1594 (8392) Fol. 7. Archivo Diocesano de León.
- Contreras, Rafael**
- 1878 *Estudio descriptivo de los monumentos árabes de Granada, Sevilla y Córdoba, o sea la Alhambra y la Gran Mezquita de Occidente*. Madrid.
- De los Ríos, Demetrio**
- 1890 Carta al Director General de Instrucción Pública. Archivo General de la Administración. Caja 8055.
- 1895 *Monografía de la Catedral de León*. Madrid.
- Dominguez Berrueta, M.**
- 1951 *La Catedral de León*. Madrid: Plus Ultra.
- Fernández Arenas, J.**
- 1976 *Las vidrieras de la Catedral de León*. León: Editorial Everest.
- Francés, Nicolás**
- 1925 *Archivo Español de Arte y Arqueología, n.º 1*. Madrid.
- Frodl-Kraft, Eva**
- 1979 Die Glasmalerei. En *Entwicklung, Technik, Eigenart*. Viena: Verlag Anton Schroll.
- Gómez Moreno, M.**
- 1925 *Catálogo Monumental de León*. Madrid.
- Laviña, Matías**
- 1876 *La Catedral de León*. Madrid: Eduardo de Medina.
- Lázaro, Juan Bautista**
- 1894 Memoria del proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. Archivo General de la Administración, sección de Educación y Ciencia. Leg. 8065.
- Lobera, Fray Atanasio**
- 1596 *Historia de las grandezas de la Iglesia de León*. Valladolid.
- Menéndez Pidal, Luis**
- 1964 Proyecto de conservación de la Catedral de León. Memoria. Archivo Central del Ministerio de Cultura. Leg. 71223
- 1968 Proyecto de conservación de la Catedral de León. Memoria. Archivo Central del Ministerio de Cultura. Leg. 70847.

- 1972 Proyecto de conservación de la Catedral de León. Memoria. Archivo Central del Ministerio de Cultura. Leg. 70680.
- Navascués, Pedro**
- 1977 Arquitectura del siglo XIX; las fachadas de la Catedral de León. *Pro Arte* 9:51–59.
- Nieto, Víctor**
- 1970 *La vidriera del Renacimiento en España*. Madrid: Instituto Diego Velázquez. C.S.I.C.
- 1985 *La luz, símbolo y sistema visual*. Madrid: Cátedra.
- Puyol, J., ed.**
- 1912 *La pícara Justina*. Pt. 2, cap. 2. Madrid.
- Ruiz de Salces, A.**
- 1889 Proyecto de vidrieras pintadas para la Catedral de León. *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 138–44.
- Teófilo**
- s/f *Diversarium artium schedula*. Libro segundo. N.p.
- Viollet-le-Duc**
- 1854–68 Voz Vitrail. En *Dict. rais. de l'arch*, vol. 9. París.

# Aspectos históricos de la Catedral de León.

## La influencia de las catedrales europeas

*Félix Benito Martín*

LA CATEDRAL DE León constituye un ejemplo emblemático de la utilización de la vidriera y de su aportación a la arquitectura gótica en España, y ello tanto por su propia riqueza artística e iconográfica como por el relevante papel desempeñado en el conjunto de la construcción. El objeto de la presente ponencia, enmarcada en un curso de restauración de vidrieras, consiste precisamente en clarificar el ámbito arquitectónico y espacial en el que la vidriera medieval se inserta. El análisis del templo metropolitano leonés permite no sólo un acercamiento estilístico e iconográfico a los ciclos representados en sus vitrales, sino también profundizar en el conocimiento del papel que macizos y vanos representaron en la evolución del estilo gótico. Precisamente la catedral leonesa se adscribe a un modelo, como es el gótico radiante, en el que el estilo alcanza su mayor grado de inmaterialidad y en el que la piedra cede al vidrio gran parte de los valores lumínicos, cromáticos y tectónicos que modelan el espacio interior.

El análisis de la Catedral de León en el marco de la evolución del estilo en Francia y Centro-Europa arroja luz sobre todos estos aspectos y nos permitirá una comprensión histórica y más completa de este fenómeno. Este encuadre explica el porqué del carácter divulgativo de esta ponencia, sobre un tema ya definido de forma prolija en los tratados clásicos del gótico, pero que sirve para acotar y complementar otras ponencias, ya claramente de investigación, referidas al tema específico del curso.

La vidriera aparece, en la historia de la catedral gótica, no como causa de su evolución, sino como fruto de la creciente búsqueda de la luz y la esbeltez propia de este estilo. El texto que sigue no se centrará en la técnica de construcción de vitrales, sino en la explicación funcional, estructural y espacial del templo gótico, cuyo resultado es el enorme campo dejado a las superficies vidriadas como elementos configuradores de la arquitectura.

En la definición del gótico han concurrido, a lo largo de la historiografía, los más diversos acercamientos, que han intentado acotar o explicar el estilo a partir de premisas de diferente índole: la estructura, los elementos, la espacialidad, la espiritualidad, el papel social, etc. Todos

estos enfoques, igualmente válidos, nos permiten comprobar la riqueza y complejidad de un fenómeno que alcanzó elevadas cotas de relevancia y universalidad en la Europa occidental.

En cuanto a la dimensión social se explica el nacimiento de las catedrales como resultado de la pujanza vital, espiritual y económica de la ciudad medieval que emerge del medio circundante con un excedente de recursos materiales, técnicos y humanos. Desde otra perspectiva, Viollet-le-Duc pone de relieve la cualidad material y, sobre todo, la coherencia funcional de la catedral gótica: “Todo es función de la estructura: la tribuna, la galería del triforio, el pináculo, el gablete; en el arte gótico no existe forma arquitectónica que esté fundada en la libre fantasía” (Viollet-le-Duc 1858–68). Esta descripción se enmarca dentro del mundo creativo y artístico medieval, en el que todas las manifestaciones humanas, desde el más pequeño objeto hasta la propia ciudad, obedecen a una relación directa e inmediata entre la forma y la función.

Otros acercamientos a la comprensión o definición del estilo tienen que ver con los elementos que lo configuran: arcos, bóvedas, pilares, contrafuertes, etc. Es una definición muy característica de los analistas del siglo XIX, que Paul Frankl ha calificado como “membrológica” (Frankl 1962). Finalmente añadiremos la corriente que pone el acento en los aspectos inmateriales y espirituales de la forma gótica: “La arquitectura gótica entendida no como una estructura o una porción del espacio, sino como una ilustración del pensamiento religioso” (Sedlmayr 1950).

En todo caso, lo que interesa resaltar es la idoneidad de todos estos enfoques y la complementariedad de los mismos. La primacía de la espiritualidad como corresponde a un sentimiento colectivo del lugar divino resulta compatible con la aseveración aportada por Viollet-le-Duc en el sentido de que todo aspecto grande o pequeño de la forma gótica refleja una causa funcional o estructural que le sirve de origen. En muchos casos los grandes avances de la catedral gótica constituyen soluciones alcanzadas mediante recursos formales y técnicos que obedecen a diversos requerimientos funcionales. Por ejemplo, la estructura de las naves laterales que flanquean el gran espacio litúrgico de la nave principal tiene una función procesional o de deambulatorio del templo, pero también permite escalonar el sistema de empujes y contrarrestos y, subsiguientemente, ganar esbeltez para el espacio central. El triforio debe su razón de ser en el período clásico del gótico no sólo a una función de galería que recorre el espacio interior, sino también a una estrategia para adecuar formalmente el muro de la nave central al espacio ocupado por las cubiertas de las laterales, y por tanto forzosamente ciego.

El estudio de la evolución de la catedral gótica en relación con las funciones litúrgicas a las que da respuesta y a los hallazgos estructurales que se van sucediendo constituye uno de los capítulos más sugestivos de la historia de la arquitectura, tanto por la enorme capacidad innovadora y creativa que refleja como por la coherencia que el objeto arquitectónico guarda con los presupuestos funcionales y estructurales de los que deriva.

La catedral gótica conoce sus primeros balbuceos en la Isla de Francia, aunque encontramos antecedentes en diversos puntos de Europa.



El más próximo es el románico normando, que ya había alcanzado importantes cotas de esbeltez y complejidad formal. Su vecindad a esta región, así como la necesidad de transformar las primitivas iglesias románicas de techos líneos, son aspectos que aparecen como causa de que fuera en esta área donde el fenómeno gótico alcanza mayor intensidad en sus orígenes. La incorporación de las soluciones abovedadas—como las bóvedas de crucería que ya se localizan en la Catedral de Durham, al norte de Inglaterra—sobre el tipo de nave central tan esbelta del románico normando—Jumieges, Caen, Saint Remy de Reims—da origen a diferentes tipos de templos en los cuales se va decantando el estilo gótico con soluciones distintas hasta alcanzar la plenitud del período clásico, que muestra su eclosión en las catedrales de Chartres, Reims y Amiens.

En los albores del siglo XII el sistema de bóvedas ojivales puede ya observarse en la Catedral de Sens, en forma de bóvedas sexpartitas que producen una alternancia de apoyos—fuertes y débiles—en los muros laterales de la nave central. Es un templo de tres naves, de las cuales la central exhibe un alzado de triple nivel que comprende la arquería de comunicación con las naves laterales, una tribuna y los ventanales de iluminación. El siguiente paso para ganar altura consistió en la inclusión de un cuarto elemento en el alzado de la nave. Este se estructurará mediante la arcada de comunicación entre naves, la tribuna, un triforio y los ventanales del claristorio. El triforio o galería, que recorre la nave central, corresponde al espacio ocupado por la cubierta de las tribunas. A este tipo se adscriben las catedrales de Noyon, Laon y, en parte, la de Soissons, iglesias con crucero y bóvedas sexpartitas que aún mantienen la alternancia de soportes.

La Catedral de Nôtre Dame de París, comenzada a edificarse a partir de 1163, se plantea con un ambicioso programa que comprende cinco naves y crucero no acusado en planta. Las naves laterales son de igual altura, escasa si se compara con la elevación de la nave central, cuyo alzado abarca cuatro niveles: las arquerías, las tribunas (que sólo van sobre las naves intermedias), una hilera de rosetones y los ventanales superiores. El resultado de ello ofrecía una difícil iluminación, que sólo penetraba por los ventanales superiores, pequeños y excesivamente altos, y a través de las naves laterales, que se hallaban muy lejos del eje del templo. El propio plan fue transformado durante la obra—a partir de 1225—y adaptado a los modelos de las grandes catedrales clásicas, que ya habían visto la luz.

El paso al modelo llamado *clásico* lo ejemplifica la Catedral de Chartres, iniciada en 1195. Se elimina la tribuna y se plantea una gran esbeltez en la nave central, conseguida mediante la multiplicación de arbotantes y contrafuertes exteriores, que desdoblán el empuje de la nave central y lo canalizan fuera de los muros de cierre del espacio. Al desaparecer la tribuna, aumenta el tamaño de la arquería y del claristorio. La iluminación que se consigue es amplia y muy equilibrada. Los grandes ventanales permiten una luz superior abundante y la espaciosa comunicación de la nave central con las laterales, a través de la esbelta arquería, produce una correcta iluminación en la parte baja. La iglesia se mantiene con tres naves y crucero, al tiempo que se homogeneiza el

sistema de apoyos gracias al uso de la bóveda cuatripartita. El alzado de la nave es de tres niveles, con la arquería y el claristorio de equivalente tamaño. Entre ellos, el triforio, mucho más pequeño, supone la única zona en sombra del templo, ya que corresponde a las cubiertas de las naves laterales que desaguan en el exterior mediante un solo faldón. Aparece así configurado el llamado *modelo clásico del gótico francés*, que se plasmará en las grandes catedrales de Chartres, Reims y Amiens, además de muchas otras en Francia y en toda Europa.

La Catedral de Bourges (1195–1225) exhibe un modelo totalmente diferente, que creará su propia escuela. Se trata de un templo con cinco naves, sin crucero, en el que las laterales se prolongan en un doble deambulatorio. Lo más novedoso es la estructura transversal, que permite al espacio fluir con amplitud en todo el conjunto. La nave central, muy elevada, tiene un alzado de tres niveles, en el cual se reduce la altura del claristorio, de tal modo que es la arcada inferior la que aumenta en dimensión, ya que se corresponde con las naves intermedias también considerablemente esbeltas y cuyo alzado lateral reproduce los tres niveles de la nave principal. Su arcada inferior, ya de reducido tamaño, comunica con las naves extremas. Este escalonamiento y la aiosidad de las arcadas es lo que permite la amplitud de las imágenes transversales y la impresión de unidad del espacio. La superposición de los alzados origina en la nave central otro alzado, virtual, de cinco alturas: ventanal, triforio lateral, ventanal, triforio central y claristorio superior. Los dos triforios corresponden a las dos series de cubiertas escalonadas entre las naves.

En España, la Catedral de Toledo sigue en alguna medida este modelo, con cinco naves escalonadas, pero se diferencia en que las naves carecen de triforio y a su vez incorpora un crucero ausente en Bourges. El grupo de catedrales derivadas de esta última fue, en todo caso, menor que el que surgió del tipo que se había generado en Chartres. En Reims y Amiens el templo mantiene la misma estructura, pero aumenta en sus proporciones y grandiosidad. La nave central de Chartres tenía treinta y cinco metros de altura, la de Reims (1210) alcanzará treinta y nueve, y la de Amiens (1220) cuarenta y dos. El modelo había llegado a su plena madurez y equilibrio entre la función portante, la amplitud de las proporciones, la iluminación y el ciclo iconográfico, que se concentraba de un modo especial en las tres fachadas: la del hastial de los pies y otras dos en los extremos del transepto.

La extraordinaria esbeltez de la nave central, que asumía junto con el crucero y el coro el protagonismo del espacio interior, estaba posibilitada por un desarrollado conjunto de contrafuertes, arbotantes y pináculos que desdoblaban la función portante del muro, gracias a lo cual el uso de la piedra se restringía a los pilares y a las tracerías que enmarcaban los cada vez más amplios ventanales. El triforio, pequeña franja central del alzado, permanecía como el único elemento opaco del muro, en correspondencia con el espacio ocupado por las cubiertas de las naves laterales.

Un ulterior escalón se produjo en la evolución del gótico entre los años 1230 y 1250 como consecuencia de la constante búsqueda de luz y de inmaterialidad: nos referimos a la creación del triforio transparente, de tal modo que su muro exterior aparecía también constituido por ventanales. De este modo se lograba la continuidad de la superficie luminosa, que comprendía los grandes ventanales de las naves laterales, el propio trasdós del triforio y el claristorio superior. Esta innovación obligaba a construir la cubierta de las naves laterales con doble vertiente, solución en cierta medida anticonstructiva, ya que introducía parte del agua de lluvia dentro del volumen del propio edificio, lo cual obligaba, a su vez, a soluciones constructivas más elaboradas y a un importante mantenimiento.

Este nuevo aporte—junto con otros que perseguían ese mismo fin de aumentar la superficie acristalada, como fue el dotar de vidrieras a todo el espacio del ventanal entre las tracerías (no sólo el correspondiente a los arcos o lancetas, como ocurría antes, sino también al espacio de las enjutas)—dió lugar a la fase llamada del *gótico radiante*. Para algunos autores constituye el momento más clásico del gótico, ya que es el más coherente con los principios compositivos del estilo, esto es, la ya mencionada búsqueda de la luz y la inmaterialidad. Para otros, quizás representando la posición mayoritaria, el gótico radiante supone un cierto manierismo con respecto al momento de Chartres, Reims y Amiens.

La propia Catedral de Amiens, que comenzó a construirse por el hastial de los pies, se remata, en la zona del coro, en gótico radiante con el triforio calado (1236–1239). Los primeros balbuceos de este modelo aparecen, pues, en este templo, así como en la iglesia abacial de Saint Denis (1231). Otras grandes catedrales, que heredan el tipo y la escala gigantesca de Amiens, también exhiben el triforio calado: Beauvais, cuyo coro constituye el edificio más elevado de estilo gótico (cuarenta y ocho metros de altura); o Colonia, cuyo coro también corresponde a este esquema. La nave de Estrasburgo, que se adosa a una cabecera y crucero románicos en 1236, se realizó asimismo con este sistema, del cual la Catedral de Troyes (1228–1241) constituye una de las obras más completas y significativas.

Cuando se plantea la construcción de la Catedral de León, a mediados del siglo XIII (1255–1258), éste es el modelo más extendido al norte de los Pirineos. El templo leonés se concibe, pues, según las normas clásicas del momento tanto en Francia como en otros países de su entorno. Consta de tres naves con bóvedas cuatripartitas, crucero levemente acusado en planta y cabecera muy profunda. Esta planta es muy semejante a la de las catedrales del período clásico francés, en particular a la Catedral de Reims, extremo que han puesto de relieve casi todos los autores que han estudiado la “Pulchra leonina”. Sin embargo, desde el punto de vista estructural, que se manifiesta sobre todo en la sección y en el alzado interior, la catedral leonesa obedece a los esquemas del gótico radiante. Su parecido con la Catedral de Troyes, la más completa de su estilo en Francia, resulta muy acusado. El triforio es calado, lo cual determinó que las cubiertas de las naves laterales fueran construidas a doble vertiente. Se observa también el mismo tratamiento de los vanos, con el ventanal

completamente acristalado, de tal modo que toda la tracería aparece exenta.

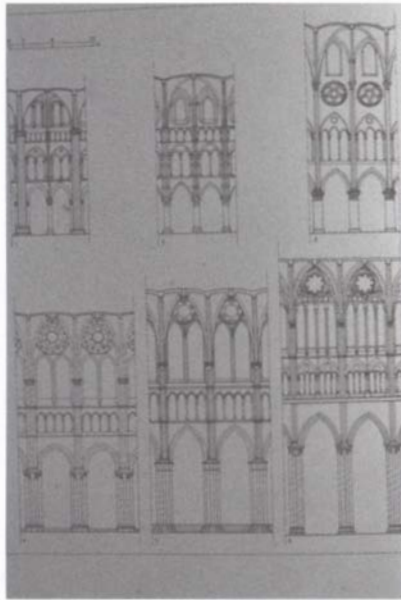
La solución de doble vertiente de las naves laterales y el deambulatorio obligaba, como se ha mencionado, a recoger parte del agua de lluvia en el interior de la planta del templo y evacuarla a través de un complejo sistema de canales y gárgolas. El principal problema de este tipo de soluciones no es su materialización, sino su posterior mantenimiento. Cualquier obstrucción no resuelta comienza a generar problemas constructivos en el interior del edificio, ya que la evacuación de aguas no sigue su curso natural. Por eso no tiene nada de extraño que en las primeras reformas de cubiertas que se realizaron—habitualmente el período de vida media de una cubierta no supera los doscientos años—ya se cambiara el sistema, transformando la doble vertiente de las naves laterales en un solo faldón vertiente hacia el exterior, con lo cual se cegaba la cara externa del triforio. Las imágenes antiguas que conservamos de la Catedral de León, del siglo XIX y anteriores, muestran las naves laterales cubiertas a un agua.

En las importantes labores de restauración y reconstrucción que han tenido lugar en la catedral durante los ciento cincuenta últimos años se ha puesto en valor el ciclo completo de toda la vidriería. Como consecuencia de ello, se ha reconstituido también la situación original del triforio. Todas las vidrieras de su muro exterior son recientes y proceden de la restauración de principios del siglo XX. El muro pétreo que trasdosa el triforio, con la correspondiente arquería que enmarca las vidrieras, procede de la citada restauración en el flanco norte del templo. Sin embargo, el del lado de la epístola, sur de la nave, es en una alta proporción anterior a las restauraciones. Esto confirma que la solución *radiante* del triforio procede en León del origen de la catedral y no de la voluntad de los restauradores.

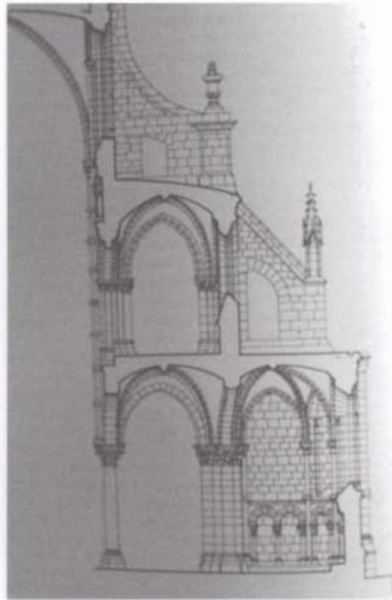
El interior del templo, tal como hoy lo podemos gozar, supone uno de los ejemplos más sobresalientes de esta etapa del gótico, al igual que la Catedral de Troyes, la nave de Estrasburgo o los coros de Amiens, Beauvais o Colonia. Nos encontramos aquí ante la materialización del ideal gótico de transformar la arquitectura en luz. Los avances técnicos en materia de contrarrestos han permitido a los constructores góticos desdoblarse el muro, desligando su función estructural en un pórtico de elementos lineales—contrafuertes, arbotantes y pináculos—que se sitúa en el exterior de la propia envolvente de la nave. De este modo el muro que delimita el espacio, perdida gran parte de su función estructural, ha podido convertirse en una superficie por entero acristalada, desde los pies hasta las bóvedas. Los esbeltos nervios pétreos tienen como misión, aparte de trasladar los empujes a la estructura exterior, encuadrar las grandes zonas vidriadas. Se ha conseguido hasta su máxima expresión la tendencia de inmaterialidad del muro. La vidriera adquiere un papel absolutamente relevante, puesto que se erige en la materia básica que delimita y envuelve el espacio del templo. Los avances arquitectónicos han permitido, paradójicamente, la transformación de la catedral en un objeto “inmaterial” en el que la luz y el color son los elementos que modelan el espacio y la imagen. “El espacio gótico no es un volumen cerrado y geoméricamente

*Figura 1*

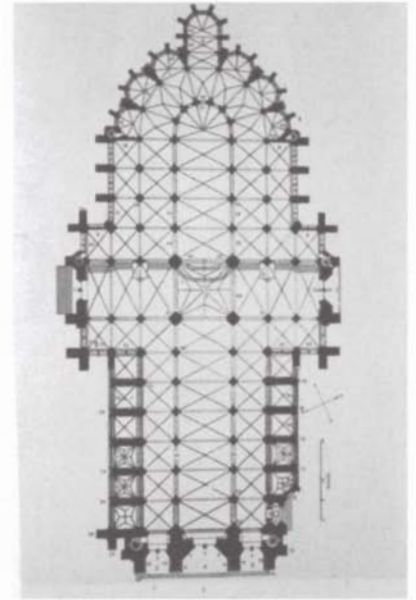
Comparación del alzado interior en las catedrales góticas francesas: Noyon, Laon, París, Chartres, Reims, Amiens. Se observa la evolución de los cuatro a los tres niveles, así como el continuo aumento de altura y proporciones (según Grodecki 1976).



1



2



3

*Figura 2*

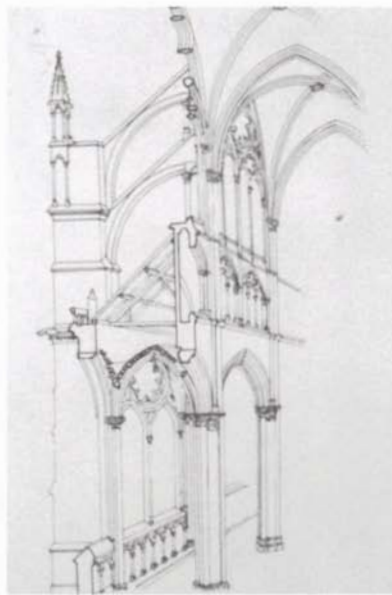
Sección de la Catedral de Noyon, cuyos cuatro niveles corresponden a la arcada, la tribuna, el triforio y los ventanales superiores (según Grodecki 1976).

*Figura 3*

Planta de una catedral del período clásico: Amiens, con tres naves, crucero y bóvedas cuatrimpartitas.

*Figura 4*

Perspectiva—sección de un tramo de la Catedral de Amiens con sus tres niveles. Se observa que el triforio corresponde con la cubierta de la nave lateral (según Viollet-le-Duc 1858-68).



4



5

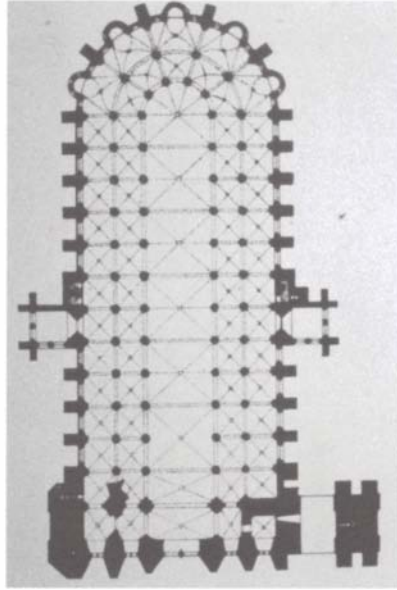
*Figura 5*

Catedral de Amiens. Encuentro de la nave con el crucero.

definido; es un espacio transfigurado por la luz y concebido en función de ella” (Grodecki 1976). La Catedral de León, inscrita en ese momento de la evolución del gótico, ejemplifica de una manera muy expresiva el anhelo de los constructores medievales en su afán de lograr la inmaterialidad y la luz. La vidriera se convierte así no sólo en un elemento estético y didáctico del templo (con sus completos ciclos iconográficos), sino en la propia materia con la que está elaborado este nuevo objeto espacial y arquitectónico que el hombre medieval alcanzó a concebir: la catedral gótica.

*Figura 6*

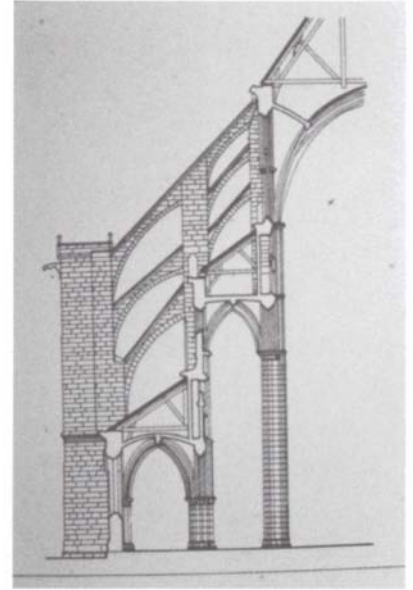
La planta de la Catedral de Bourges, de cinco naves, carece de transepto.



6

*Figura 7*

En la sección transversal de la Catedral de Bourges se aprecia el escalonamiento de sus naves.



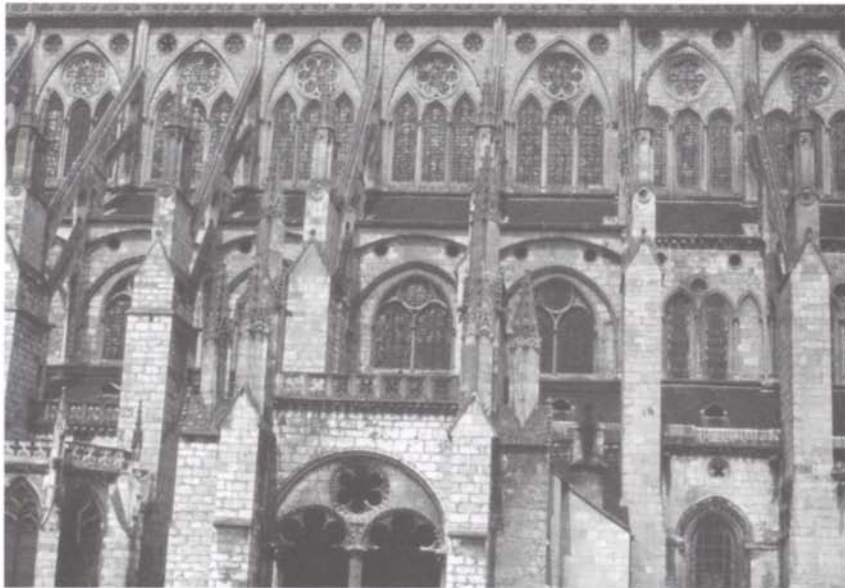
7

*Figura 8*

Fachada lateral de la Catedral de Bourges, con su triple sistema de ventanales.

*Figura 9*

Interior de la Catedral de Bourges. Se observa el alzado virtual de cinco niveles en la nave central con sus tres órdenes de ventanales alternados con los dos triforios ciegos.



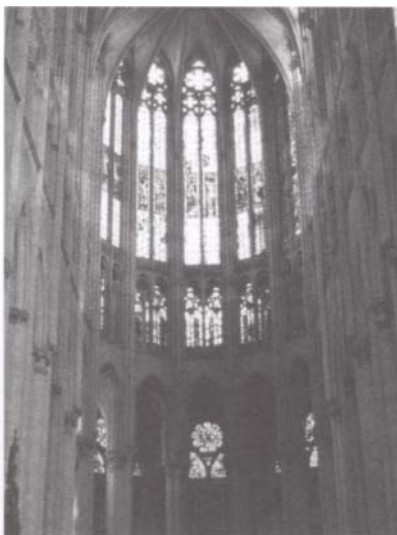
8



9

*Figura 10*

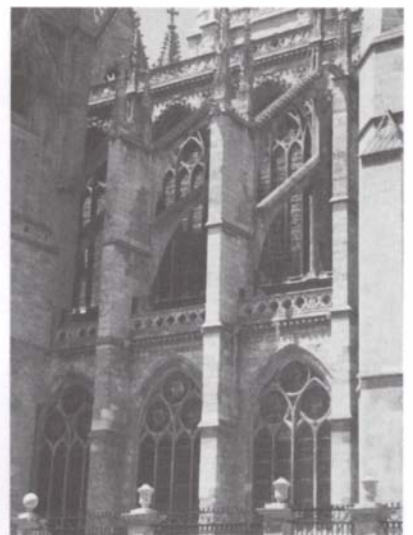
Sección de la Catedral de Toledo con sus cinco naves escalonadas, que carecen de triforios. (Fotogrametría Plan Director. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales).



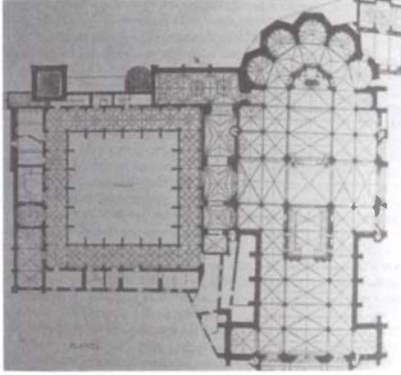
10

*Figura 11*

El coro de la Catedral de Beauvais, ya radiante—véase el triforio calado—constituye la obra más elevada del gótico. Cuarenta y ocho metros de altura.

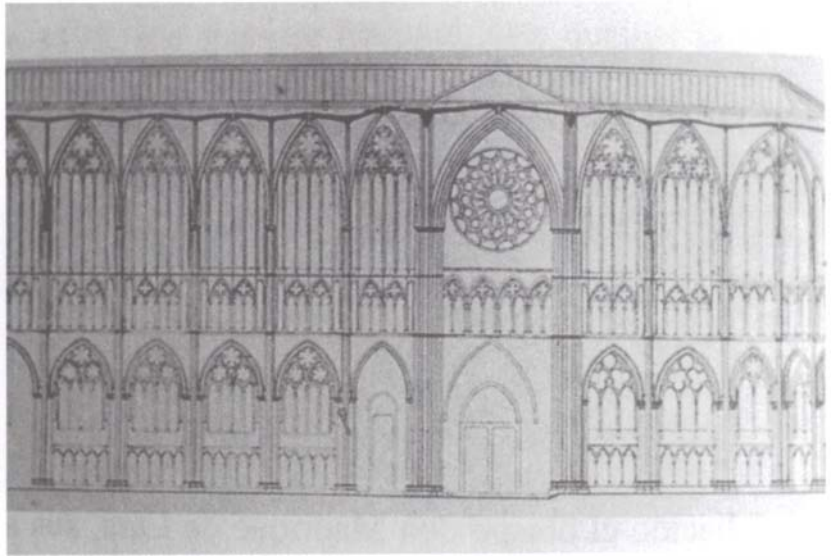


11



12

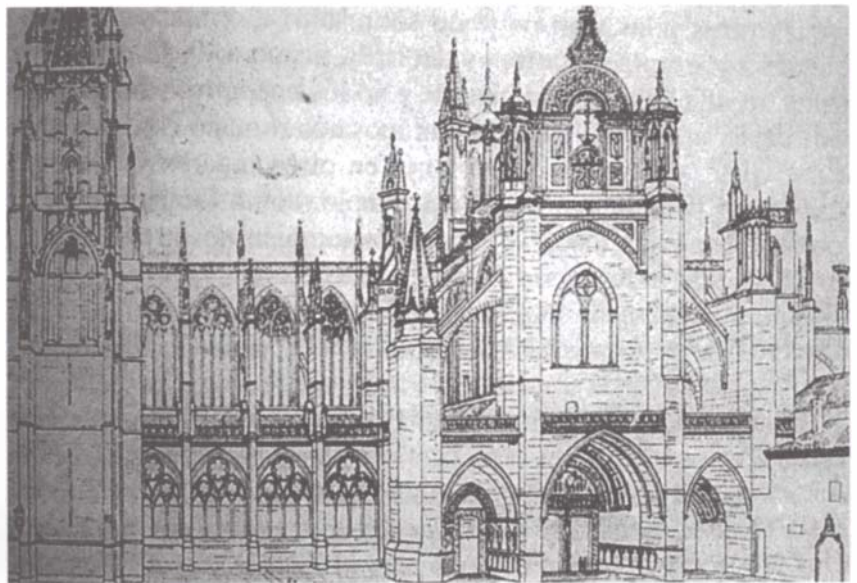
*Figura 12*  
Catedral de León. Vista de la nave sur con sus amplios ventanales y el afinado sistema de contrafuertes y arbotantes.



13

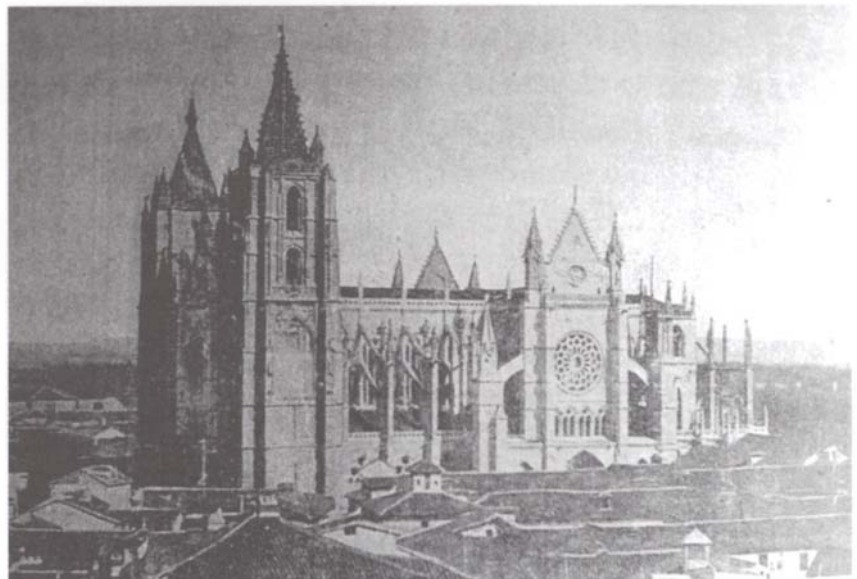
*Figura 13*  
Planta de la Catedral de León según Demetrio de los Ríos. Tres naves, bóvedas cuatrimpartitas, crucero y cabecera muy profunda.

*Figura 14*  
Alzado interior de la Catedral de León según Demetrio de los Ríos con sus tres niveles: arcada, triforio y claristorio.



14

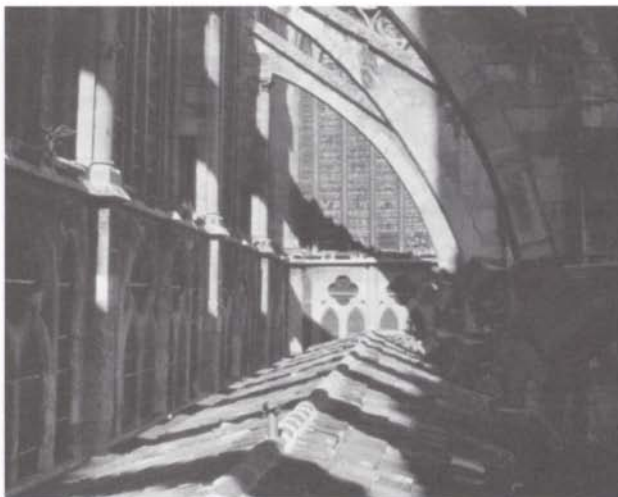
*Figura 15*  
En el dibujo de Ariel de 1845 se aprecia la cubierta a una sola vertiente de la nave lateral, que ocultaba el triforio.



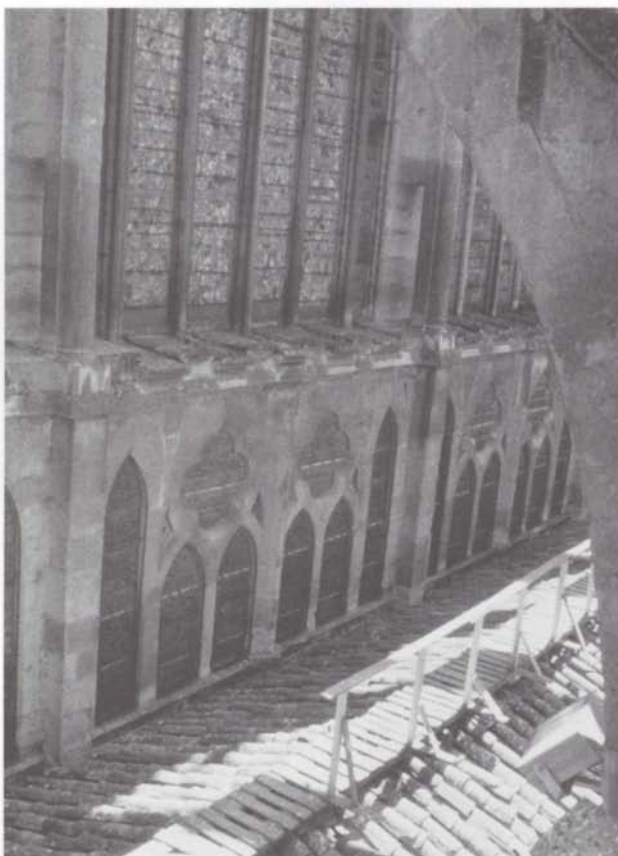
15

*Figura 16*

En esta fotografía de 1901 aún se mantiene la cubierta a un agua de las naves laterales. (Javier Ribera. Historia de las restauraciones de la Catedral de León).

*Figura 17*

Tras las restauraciones, la cubierta de las naves laterales de la Catedral de León recuperó su original estructura a doble vertiente, de tal modo que quedó visto el trasdós del triforio.




---

## Citas

- Frankl, Paul  
1962 *Gothic Architecture*. Pelican History of Art. Harmondsworth, Inglaterra: Pelican Books.
- Grodecki, Louis  
1976 *Architettura gotica*. Milán: Electa Editrice.
- Sedlmayr, Hans  
1950 *Die Entstehung der Kathedrale*. Zurich: Atlantis Verlag.
- Viollet-le-Duc  
1858-68 *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI au XVI siècle*. Paris.



# La estética de las vidrieras y de su degradación

*Ignacio Represa Bermejo*

LA MISIÓN DE las vidrieras, en la definición cualificada de las arquitecturas, ha supuesto uno de los mecanismos de generación de espacios más complejo y evolucionado de lo que ha venido siendo estudiado hasta la fecha.

Desde la simple tamización de la luz exterior, hasta la máxima expresión posible; creando la propia luz manipulada en el espacio, se puede reconocer en su visión a contraluz (solar o artificial) el espacio “interior”, creado como resultado de la evolución histórica del concepto y de la materialidad de los vitrales.

Las vidrieras evolucionan paralelamente a las formas y espacialidades arquitectónicas, hasta lograr espacios propios, construidos por los vidrios y sus coloraciones, utilizados éstos como principales “soportes” de las arquitecturas.

La primera utilización de vidrios coloreados parte, más de acentuar la penetración de la luz enriquecida con un sentido ornamental, que del entendimiento de la propia luz como generadora de espacios. En este sentido, coincidiría el gusto por el color (común a todas las culturas arcaizantes o tardo barrocas) como primer determinante de la opción elegida.

Sin embargo sus propias posibilidades rápidamente alcanzarán otras misiones más complejas, frente al chorro de luz violento y penetrador de la atmósfera interior (el óculo del Panteón sigue siendo el referente más ejemplar) podemos asistir a efectos más tamizados en los que el contraste comience a no ser tan explícito, como con la utilización de celosías que rompan el haz de luz, llegando hasta recrear efectos de vibración del aire contenido (las bóvedas caladas de pequeños “estrellados” en los baños árabes y sus diferentes coloraciones distorsionan sabiamente las geometrías formales de sus plantas).

A la utilización cromática se vinculan intencionalidades simbolistas, explícitas en los repertorios iconográficos (los cristianos nos pueden resultar más claros de entender) o con un sentido abstracto, al identificar coloraciones dominantes con conceptos referenciales (los azules remitirían a los paraísos, los rojizos al fuego, etc.) que llegan a abarcar la propia representación del universo en los muros de acceso al interior de las

mezquitas omeyas (diseñando de diferente manera y coloración distinta cada una de las celosías) como con vitrales modernos podemos apreciar en la Gran Mezquita de Damasco o la de Keirohuán en Túnez (desgraciadamente en Córdoba hemos perdido tan singular representación).

Las vidrieras medievales evolucionarán desde vinculaciones ornamentales simples hasta desarrollar mecanismos muy complejos, fruto de la propia interacción cultural que se produce entre las culturas europeas y norte africanas. La síntesis la encontraremos en los complejos catedralicios del siglo XIII en L'île de France y en la dilatada secuencia de arquitecturas derivadas de ellos.

Esta evolución resulta asimismo paralela con la de la propia tecnología de los vidrios (y el de las soluciones constructivas y arquitectónicas que permitirán la apertura de grandes ventanales), alcanzando mejores procesos manufacturados, mayores tamaños y mayor protagonismo en su inserción en los muros, llegando prácticamente a anular las superficies opacas.

El desarrollo de su capacidad simbólica permitirá, por una parte, poner en relación cada ventanal con la totalidad del conjunto, hasta completar un programa iconográfico y un “orden” de series temáticas, en las que se determinarán conjuntos narrativos, elementos simbólicos aislados (por ejemplo, en los rosetones) y posiciones jerárquicas sobre la estructura formal. Pero, por otra parte, será capaz de generar un universo más abstracto, idealista y arquitectónicamente novedoso.

Este proceso coincidirá, a partir de mediados del siglo XIII con un tratamiento envolvente de la luz, donde el espacio interior es definido por la luz que atraviesa las vidrieras de manera rodeante y en el que aparecerán las coloraciones dominantes. Así se establece un equilibrio que niega la presencia del sol, utilizando tonos dominantes que corrigen y enmascaran las distintas orientaciones solares—entre 1120–1270: Chartres (1194–1212), Reims, Amiens (1220), Beauvais, etc.; en España, León (1255)—con la peculiaridad de presentar las coloraciones dominantes invertidas, las del norte al sur. La utilización de tonos dominantes, adecuados a las características de la orientación concreta de cada ventanal, o el empleo del color como “correcciones” de la fuente lumínica, podemos rastrearlos desde épocas más tempranas, como pone de manifiesto la celeberrima grisalla de las Five Sisters del crucero norte del York Minster (c. 1250).

Equilibrio que a la postre nos remite a negar el espacio exterior, creando un universo interior desvinculado del mundo externo, del que no percibiremos más que el día o la noche, pero no el paso de las horas: el tiempo.

En definitiva se logrará un espacio-luz sin referencias al origen, y variabilidad de la luz solar, espacio que se percibirá inmutable permanentemente, lejos de la ambigüedad del avance o retroceso de las sombras y tinieblas con el discurrir del movimiento solar: se alcanzará la representación del Paraíso en la tierra, el universo espacial de la otra vida.

Para apoyar tan metafísica concepción, la simbología explícita pasará de ser meramente representativa a narrativa, incorporando el

desarrollo de “escenas” paralelamente a como la escultura y pintura hacen lo propio perdiendo el hieratismo de la figura sobre el fondo, incorporando el diálogo entre personajes y de éstos con el paisaje, hasta lograr su máxima capacidad narrativa en las vidrieras renacentistas.

La magia de la espacialidad provocada se reforzará mediante la suspensión visual de la vidriera, independizándola del marco del ventanal, mediante la creación de un filete, a modo de pas-partout, en vidrios claros o transparentes que permitirán dilatar su implantación en las fábricas.

La misión arquitectónica de las vidrieras históricas resulta, en los aspectos descritos, fácilmente reconocible, de tal manera que captado el origen del “efectismo” interior, y por consiguiente la magia del espacio creado, se pueden supeditar otras cuestiones de definición arquitectónica a una posible racionalidad y organización constructiva, secundarias frente al gran protagonismo de los mecanismos que permitieron recrear el espacio-luz.

En este último sentido podemos afirmar que aquellas arquitecturas fueron en parte víctimas de su propio éxito, y donde el vaciado de los muros permitido por el desarrollo de las bóvedas ojivales (en definitiva el descubrimiento del sistema arco-pilar capaz de soportar grandes luces) para ser rellenos de “aire vibrado”, se realizó descontrollando totalmente la composición exterior de las arquitecturas, que salvo en los hastiales o frente a espacios urbanos importantes, previamente existentes, fueron relegadas a ser envueltas, ocultándose a una contemplación próxima, por la trama de la ciudad (se abriría aquí un capítulo sobre el entendimiento del control de estas visiones y su evolución a lo largo de la historia que nos apartaría excesivamente del tema estudiado).

El protagonismo del espacio-luz llegó a introducir vidrieras en lugares que hipotecaban las posibilidades de resolver problemas constructivos o compositivos de las fábricas, así la apertura de los triforios (Sainte Chapelle de París, cabecera de Beauvais, Abadía de Saint Denis, o catedral de León) supuso una imposibilidad geométrica de resolver las cubiertas de las naves laterales (salvada batiendo aguas contra el propio triforio). O dieron lugar a cabeceras planas, contradiciendo el esquema envolvente del coro semicircular, como elemento de remate axial, en equilibrio con el resto de los testeros, como en Fountains Abbey (1240), su influencia en la catedral de Durham (reforma de la cabecera, la llamada capilla de los nueve altares de Richard of Farnham, realizada en 1242, matizada después con la del arcaizante rosetón de 1795) o la más tardía de York (John Thornton, 1408), por citar otra familia de tipologías arquitectónicas evolucionadas a partir de espacialidades surgidas por el empleo y desarrollo de las vidrieras.

Dentro de la arquitectura inglesa, encontraremos otras evoluciones, basadas asimismo en la espectacularidad del espacio-luz, que terminarán negando el papel compositivo de los pórticos (la más vieja de las permanencias clásicas dentro del mundo gótico), merced al desarrollo de grandes ventanales, como en la catedral de Wells (1215), la de York (f. sur 1240 ó la occidental c. 1450), que se apartan radicalmente de la composición basada en el arco de triunfo romano.

La espacialidad envolvente tendrá su traducción en la geometría de las plantas, forzando el desarrollo de los hastiales, llenándolos de luz hasta ponerlos en relación de continuidad con la envolvente general de las naves y cabecera. Se acortará la longitud de los brazos del crucero, tendiendo a un cierto equilibrio de centralidad, al que no resultan ajenos cimborrios (el ejemplo ya renacentista del de la catedral de Burgos, de Juan de Vallejo, entre 1544–1573, con el precedente derrumbado en 1539 de Juan de Colonia, puede resultar paradigmático) o las torres, a veces sin traducción espacial interior, de la larga saga de arquitecturas inglesas, negadas interiormente en Chester (1250) y Salisbury (1380), pero magníficamente “centrales” en Lincoln (1250 con aguja de 1306–1311, destruida en 1548) o York (1420–1465).

La expresión de espacialidad envolvente más geométricamente adaptada a la centralidad de las plantas, la encontraremos en algunas Salas Capitulares inglesas, de construcción poligonal, ochavada en Lincoln (c. 1250), York (1270–1280), Salisbury (1284) copiada de Westminster, o Wells (1319) y decagonal en Worcester posteriormente llevada a circular (c. 1400).

La necesidad constructiva (para lograr los diferentes alardes de luz descritos) de emplear contrafuertes y arbotantes, y su inmediata consecuencia de descontrolar la visión exterior, pudiera haber sido determinante para explicar la falta de evolución, durante el renacimiento y sus consecuencias barrocas, del tipo de espacialidades de luces uniformemente envolventes descrito, a pesar de la constante utilización de plantas centrales e iluminaciones cenitales. Razones que debiéramos unir a otras, mejor conocidas, que vienen explicando la irrupción (y hasta cierta ruptura) del renacimiento en el mundo de las artes plásticas tardomedievales.

La arquitectura otomana del siglo XVI y posteriores, ligada a la figura indiscutible de Sinán, con los antecedentes construidos de la iglesia de Sergio y Baco, así como Sta. Sofía, desarrollará un modelo de mezquita, de espacialidad central, en el que el papel de la luz, reforzado por el uso de vidrieras ligeramente coloreadas, continuará la saga de espacialidades envolventes que venimos comentando, si bien más entendible desde la permanencia de las arquitecturas tardoclásicas del imperio romano oriental, que influida por los episodios occidentales descritos.

Será necesario acudir a tiempos más próximos, para encontrar de nuevo espacialidades de luz envolvente generadas por vidrieras, si bien sin las “correcciones” cromáticas medievales y perdida toda la rica cultura del uso del color y los repertorios narrativos. Los movimientos decimonónicos ligados al resurgir de los oficios artísticos, Arts and Crafts, modernismos diversos, etc., iniciarán una tímida recuperación de las viejas artes vidrieras (pasando apenas de la fase ornamental, siempre dentro de cierto renacimiento medievalista). Quizás los mejores ejemplos debamos buscarlos entre las arquitecturas abovedadas en cristal, con profusiones decorativas extremadas, como pondrían de manifiesto los edificios del Palacio de Bellas-Artes o el actual hotel “Ciudad de México” (antiguo centro

mercantil) ambos de la denominada arquitectura del “Porfiriato” en México D.F. exportados directamente desde los talleres franceses.

Contemporáneamente, a partir de la evolución tecnológica, la utilización del vidrio ya desligada de cualquier contenido pictórico, tiende a constituirse en la propia concepción espacial, permitiendo la ruptura entre interior y exterior o la transparencia total, enunciada ya en las arquitecturas del hierro (Cristal Palace, etc.) pero que adquirirá una definición más ambigua y hasta contradictoria en alguna de las arquitecturas de Mies Van Der Rohe.

Su propuesta, de 1920–1921, para un rascacielos de vidrio en Berlín, realizada en maqueta, independiza la estructura portante, que actúa de cerramiento “virtual”, de la superficie exterior, transparente, del vidrio. Para marcar la verticalidad compositiva buscada, imposible de realizar en la transparencia del vidrio, serán coloreados los pilares (la escasa presencia de los planos horizontales de forjado, iluminados, permitirá aún marcar más la verticalidad).

La utilización transparente del vidrio será llevada a sus últimas consecuencias por Norman Foster, en Leicester, al recrear un templo doblemente in-antis, en el que las fachadas principales, resueltas en láminas verticales enterizas de vidrio, serán el propio espacio interior, sus divisiones en altura, y su contenido “mostrado” al espectador, durante las horas nocturnas mediante el concurso de la iluminación eléctrica.

La postura radicalmente distinta, la encontraremos de nuevo en L. Mies Van Der Rohe y en su edificio Seagram de Nueva York, de 1954–1958. El vidrio define aquí una barrera entre exterior e interior, se constituye en una superficie “opaca” a partir de forzar su calidad reflectante o espejo, pero que interiormente genera (como en las catedrales “clásicas” de la segunda mitad del siglo XIII), una luz interior envolvente independiente del movimiento solar.

Del análisis de la evolución histórica de los usos arquitectónicos del vidrio, de su capacidad de empleo como mecanismo generador de efectismos evolutivos o cuando menos distintos, en definitiva, del cambiante papel de las vidrieras, podemos extraer un hilo conductor de las propias transformaciones espaciales de la arquitectura, de análoga manera a como establecemos el discurso de la evolución de las formas arquitectónicas.

Sin embargo el paralelismo no se produce en el tiempo, ya que, como hemos visto repetidamente, soluciones o conceptos espaciales “más avanzados” se producen primero mediante el empleo de vidrieras, manteniendo las geometrías o trazas de espacialidades más arcaicas. El evolutivo empleo de la luz, como mecanismo generador de espacios, siempre fue por delante de las transformaciones tipológicas y de las “masas” constructivas.

---

## Las vidrieras en su papel compositivo de las fachadas

El discurso establecido resulta parcial, al narrar únicamente las posibles cualidades y recreaciones espaciales, provocadas por el uso de la luz. Sin embargo las vidrieras permiten otra visión, a favor de la luz, en la que su

misión arquitectónica no resulta tan inmediata, y que necesariamente deberemos relacionar con la definición compositiva y arquitectónica del exterior, con la composición de las fachadas.

En este sentido, su papel resulta menos espectacular, o cuando menos, secundario frente a los efectismos descritos. De ahí que no haya contado con reflexiones que nos permitan rastrear posibles tomas de postura cambiantes o evolutivas frente a su tratamiento como elementos definidores de los alzados o fachadas, salvo las ligadas al progresivo aumento de sus tamaños, como intuíamos en algunos episodios contemporáneos señalados, en que llegábamos a ver hasta los “interiores”.

El vidrio, por su propia materialidad, constituirá en la definición exterior un elemento de contraste frente a las siempre opacas fábricas, así hablaremos de vanos y macizos como conceptos contrapuestos, con misiones compositivas complementarias que resultan en sí mismas parte esencial de la propia historia de la arquitectura.

Con independencia de su coloración (e incluso de su pigmentación por técnicas de pintura o plaqué), el vidrio en su manifestación plástica frente a la luz, presenta un aspecto mateado, y en los históricos hasta opaco. Esta contradictoria presencia hará primar las cuestiones derivadas de su textura externa en la definición que analizamos. Los vidrios históricos cuentan con texturas rugosas, fruto de las impurezas presentes en su composición (que evidencian las deficiencias de sus procesos manufacturados), a las que debemos añadir su falta de planeidad y la presencia de burbujas de aire que matizan, o enriquecen, su papel “vibrado” o “matérico” en la composición de los ventanales.

Por el contrario, los vidrios modernos carecen de estas cualidades, la relativa perfección en su fabricación dará como resultado una lectura directa de su condición de transparencia (excepto lógicamente en los acabados mateados o espejados) y en los que su condición de textura remite a comportamientos tersos y homogéneos, con los efectos añadidos de reflejos o espejos de imagen.

La textura del vidrio evoluciona históricamente desde elementos fuertemente caracterizados por su impacto texturial que darían lugar a lecturas plásticas tipo “sombras vibradas”, en los ventanales, hasta elementos muy transparentes, apenas perceptibles salvo en los fortuitos e incontrolables reflejos derivados de su planeidad precisa. Entre ambas posibilidades cabe una escala de situaciones matizadas prácticamente inagotable, que explica el que no existan dos monumentos, o edificios, en los que el papel definidor de los ventanales y sus vidrios (siempre contemplados a favor de la luz) resulte el mismo. En cada edificio sus vidrieras definen un alzado arquitectónico diferente, y por lo tanto unas condiciones estéticas distintas.

A modo de ejemplo singular podríamos citar la sospecha, no comprobada documentalmente, de que las vidrieras de la Catedral de León fueron patinadas exteriormente, durante las restauraciones de finales del siglo pasado de J. B. Lázaro, para paliar el efecto “rompecabezas” provocado por la convivencia de vidrios medievales altamente alterados, con los tersos renacentistas y barrocos, y los deslumbrantes decimonó-

nicos. El patinado, aún hoy perceptible parcialmente, llevó la superficie exterior de los vidrios a tonos rosáceos, conjugados con los de las fábricas de piedra. Tal decisión supuso una manipulación, negando la visión del ventanal y su papel compositivo, de mayor trascendencia “formal” que los entusiasmos racionales de Madrazo y hasta los neogotizadores de Demetrio de los Ríos, sus principales restauradores decimonónicos.

Al ejemplo comentado podríamos añadir, en la línea de incorporar una plástica pétrea a los huecos y sistemas de iluminación natural, la profusión de alabastros y mármoles translúcidos colocados en multitud de restauraciones de los años 60 y 70 de nuestro siglo, resultando el más dramático de ellos, el de la torre-cimborrio de la catedral de Valencia, donde se llegan a anular cualquiera de las posibles lecturas primigenias.

Sobre la textura y apariencia de los vidrios se suman las condiciones de tamaños y particiones, que evolucionan históricamente desde despieces muy pequeños, hasta conquistar elementos de gran superficie autoportante que permiten ocultar los mecanismos de fijación. En los vitrales históricos la evolución de tamaños no supone romper su condición fragmentaria, la de cada vidrio frente al panel, y en el de éste frente al ventanal, de tal manera que podemos establecer una escala de tamaños que operará como matización de la arquitectura del ventanal, con lo que se enriquecerá el papel textural que explicábamos más arriba. Un reciente ejemplo, realizado en el gran ventanal de poniente de la catedral de St. Gilles en Edimburgo, toma como base del diseño “exterior” la composición de los tinglados de plomo, estableciendo una segunda escala sobre los elementos de mainelería.

Con el aumento de la superficie de los ventanales surge la necesidad constructiva de dotarlos de cierta estabilidad, tanto de arriostamiento del gran hueco abierto, como de rigidización de la superficie acristalada. Se salvan estas cuestiones introduciendo en los vanos elementos de fino trazado, a manera de celosías gigantes, de caprichosas geometrías, pero que mantienen una modulación para la compartimentación vertical acorde o derivada expresamente de la anchura de los paneles de vidrio (en torno a los dos pies), concentrando en las partes superiores, bajo los arcos ojivales, los trazados mixtilíneos que permitan arriostar el gran vacío.

Todavía estos recursos constructivos podrán ser manipulados hasta llegar a ser duplicados, diseñando dos mainelerías en paralelo que aumentarán su capacidad soporte (descontrolando de paso la visión interior ahora afectada por la presencia estructural del ingenio introducido), como podemos encontrar en los grandes testeros planos de las catedrales inglesas (en la de York este recurso se utilizará por John Thornton, entre 1405–1408 en el gran ventanal del este, también, posteriormente, para modificar el triforio y ventanales de la capilla de Nuestra Señora, fundirlos en un único elemento y ponerlos en relación formal con los gustos anunciadamente renacentistas).

En algunas arquitecturas la necesidad de arriostamiento ha sido la causa motivadora de algunas intervenciones posteriores, cuando se detectaron problemas de estabilidad. Ha sido frecuente cegar, de manera

parcial, alguna de las partes de los ventanales, introduciendo masas inertes que absorbieran las deformaciones sobrevenidas: en la Catedral de León, las lancetas laterales de los ventanales altos fueron rellenadas de obra de sillería y cegadas en su totalidad las del triforio (sobre este punto deberíamos volver para cuestionar la intencionalidad o no de abrir luces en el proyecto originario), en la de Avila todavía podemos contemplar el cegado de las partes bajas (también motivado por el peralte de la cubierta de las naves bajas) así como una reciente intervención, mediante estructuras de hormigón armado, de inescrutable sentido artístico.

Las mainelerías, por otra parte, ocuparán un papel fundamentalmente ornamental, que al margen de las cuestiones tectónicas expuestas, incidirá fundamentalmente en el tratamiento y composición de los alzados externos. Si bien desde el interior se verán, su impacto quedará minimizado frente al efecto cromático del contraluz, servirán para ordenar o jerarquizar “escenas”, pero rara vez de base compositiva para el desarrollo pictórico del ventanal, en el que el tema que no llegará a abarcar la totalidad del hueco, superponiéndose sobre los trazados afiligranados.

Otros elementos de soporte del vidrio; tinglados y carpinterías constituyen, en el sentido de explicar la arquitectura del ventanal, aspectos de menor importancia, pero similares a los analizados en los tamaños. La mainelería o los elementos auxiliares de soporte (tinglados de plomo, barras de sujeción o cuelgue, etc.) evolucionan ante la necesidad de cubrir mayores superficies de dos maneras diferentes: manifestando decididamente su presencia (siglos XIV y XV), o intentando desaparecer visualmente (mediante el empleo de estructuras en hierros de forja) ya en el siglo XVI y posteriores.

En ambas situaciones existe una correlación entre la solución aportada y la definición del ventanal, de mayor importancia para fijar la trama de escalas o matices, que la propia presencia textural o “matérica” de los vidrios. Recientes ejemplos de sustitución de estos mecanismos auxiliares (Observatorio Astronómico de Madrid, o Catedral de Astorga) nos permiten comparar la profunda alteración arquitectónica que se ha operado al romper el equilibrio, y definición de escala, que establecían las carpinterías o los maineles.

---

## La degradación y restauración de las vidrieras: los problemas estéticos

Las vidrieras históricas como elementos constructivos resultan de extremada fragilidad, de ahí que haya sido práctica común la necesidad de proceder constantemente a la sustitución-reparación de las mismas, con mejor o peor fortuna esta continuada labor ha supuesto la introducción de vidrios “nuevos” o soluciones “nuevas” que enriquecen y complican las definiciones arquitectónicas que venimos comentando. A ello hay que añadir los permanentes cambios de emplomados (se puede estimar en un máximo de 120 años de vida útil la de este metal por agotamiento de su ductilidad en los ciclos de estiramiento por dilataciones térmicas).

La recomposición de paneles, introduciendo vidrios nuevos, o el pegado de vidrios rotos mediante líneas de emplomados, tiene una doble trascendencia, en su impacto visual, al introducir elementos que tienden a



dotar de un contenido “matérico” superior al previamente existente, mientras desdibujan las composiciones originales. En ocasiones, este tipo de reparaciones corrientes terminan por constituir, contemplados desde el interior, auténticos rompecabezas, en los que resulta imposible rastrear el tema narrativo original, habiéndose alcanzado por vía de casualidad una composición totalmente abstracta, de indudable interés pictórico. Esta apreciación fue recogida, a finales del siglo XIX por J.B. Lázaro, quien realizó en los paneles bajos de las capillas de la girola de la Catedral de León, un trabajo conscientemente “abstracto” a partir de recomponer sin ningún sentido narrativo las partes perdidas, aprovechando vidrios viejos, “sobrantes” de la recomposición que realizó en la totalidad de vidrieras de la Catedral, con resultados perfectamente ambientados en la escenografía global.

La naturaleza frágil del vidrio ha comportado, por otra parte, la necesidad de colocar elementos que añadieran cierta capacidad de protección, al menos frente a los impactos mecánicos, de los paneles de vidrio. Surgieron éstos asociadas a las vidrieras, como elementos de escasa calidad material (realizados frecuentemente en metales altamente oxidables y perecederos) y a menudo sin control de su diseño.

Eran elementales medidas de protección, realizadas improvisadamente, por artesanos más atentos en proteger que en cuidar la imagen exterior de las edificaciones. A menudo los hemos podido encontrar mal encajados en chambranas y mainelerías, rompiendo capiteles u otros elementos ornamentales, con sistemas de fijación totalmente fortuitos y en definitiva con escasas calidades materiales y de diseño que avalaran una decisión de conservación, de ahí que hayan sido permanentemente sustituidos.

La presencia de mallas y bastidores, superpuestos a los vitrales, complican más el análisis del papel arquitectónico, en la formulación del alzado, que estamos estudiando. Constituyen una aportación que en principio debiera establecer unas condiciones de acabado y definición similares a las rejías, compartimentando el hueco o ventanal en el que se insertan, dotándolo de la presencia de un primer plano antepuesto al de la vidriera y en definitiva generando una visión dominante sobre el resto de partes del ventanal.

Sin embargo, las mallas actúan de elementos de gran transparencia visual, permitiendo contemplar a través de ellas la naturaleza y composición de los vitrales, y por tanto la misión compositiva de los mismos en la definición de las fachadas. Resultan apenas perceptibles en los alzados, sobre todo desde la relativa lejanía del espectador. Superpuestas a las vidrieras constituyen una definición “consolidada” que permite reconocer toda la carga arquitectónica, de matices y texturas que hemos venido estudiando. Se encuentran integradas en una imagen plástica que supone una primacía del impacto estético de las vidrieras, como elementos caracterizadores de la definición de las fachadas, sobre la que evidentemente podremos trabajar, en su composición y diseño, de cara a conjugar las cuestiones derivadas de una eficaz protección, sin olvidar su papel en la definición de las arquitecturas.

Los problemas de oxidación y descomposición de los materiales, así como su diseño y adecuación a los elementos ornamentales y compositivos de los ventanales, pueden ser objeto de cuidado diseño y mejora de sus condiciones estéticas, siempre desde la óptica de mantenimiento de la condición de transparencia. El empleo de aleaciones de bronce al manganeso (recomendadas por *Corpus Vitrearum*) permite obtener un material estable, no atacable por oxidaciones y compatible, frente a posibles reacciones electrolíticas, con los plomos de los tinglados. Con este material podemos confeccionar bastidores que resulten portantes, eliminando despieces que rompan las transparencias, y hasta mallas que reúnan igual condición, sin más que dimensionar espesores y controlar su sistema de fijación.

La incidencia visual de las mallas desde el interior, en el contraluz, requiere únicamente la eliminación de las posibles sombras arrojadas sobre el plano de la vidriera. Este problema resulta común en aquellas edificaciones que todavía están protegidas con este sistema, agravado por la existencia de barras de rigidización que irrumpen en el hueco rompiendo la unidad compositiva del panel de vidrio. Su control, la eliminación de las sombras arrojadas, pasa por establecer una relación de distancia de colocación a la vidriera y tamaño de las aperturas y secciones de la malla, hasta lograr que ésta actúe como pantalla difusora de la luz solar.

El concepto de difusor utilizado tiene el inconveniente de mermar el nivel lumínico que incide sobre los vitrales, si bien es posible lograr (de nuevo condiciones de diseño de distancia, secciones y aperturas) que tal merma resulte apenas perceptible, incluso en condiciones solares extremas (días nublados, amanecer-ocaso, etc.) dado que en la visión a contraluz resulta siempre, por lo deslumbrante del efecto, imposible de apreciar (de hecho el problema descrito de sombras arrojadas sólo lo percibimos a través de fotografías). Esta característica fue la que permitió la propia creación del espacio de luz envolvente, corregido mediante coloraciones dominantes, como ya hemos visto.

Las experiencias contemporáneas de diseño de protecciones han seguido casi exclusivamente un camino atento a paliar los problemas de conservación de los vidrios históricos, olvidando el "impacto visual" que los distintos sistemas introducidos han provocado, en ocasiones dramáticamente, en la alteración de la lectura arquitectónica de nuestros monumentos.

Frente a los sistemas históricos, y evolutivos, de las mallas y su adecuación arquitectónica a las condiciones de contemplación, han surgido nuevos requerimientos de control que han implicado la necesidad de utilizar nuevos diseños y materiales. Desde los años 70 de este siglo, se detectaron problemas de alteración superficial de los vidrios históricos, por procesos de extracción de sales componentes, solubles en agua, y su cristalización superficial, mermando la transparencia de los vidrios, e incluso llegando en ocasiones a convertirlos en opacos (procesos acelerados cuando existen problemas de contaminación ambiental: lluvias ácidas, acumulaciones de polvos de combustión, etc.).

Los procesos de alteración resultan más agravados en los vidrios más antiguos, siglos XII y XIII, al ser menos estables por sus condiciones de fabricación (abundantes escorias e impurezas de formación) y todavía peores en aquellos que incorporan pinturas o grisallas en su cara exterior. Las soluciones adoptadas pasan por eliminar la acción del agua (incluso la de la humedad ambiental) sobre los vitrales, anteponiendo una superficie de vidrio o dotando de una película de barniz o barrera a los propios vidrios (una de las primeras experiencias de película de resina fue la realizada por G. Frenzel en la vidriera de los profetas de la Catedral de Augsburgo).

Sin embargo, estos procesos generan una alteración plástica que introduce unas condiciones de definición textural incorporada a la materialidad de las vidrieras, que podríamos sumar a la definición arquitectónica que hemos venido estudiando, con el carácter de señas de identidad de su antigüedad.

El conjunto de aspectos formales que constituyen las arquitecturas, sobre cuyo discurso se ha venido basando tradicionalmente la teoría y criterios de la restauración, no resulta homogéneo. Las formas históricas, por la simple acción de los agentes atmosféricos a lo largo del paso de los tiempos, incorporan procesos de degradación, o de alteración superficial, que adjetivan y redibujan la materialidad, introduciendo texturas diferenciadas, a modo de transformaciones aleatorias que se superponen a las geometrías originarias.

Sobre este proceso podemos superponer el de la propia transformación geométrica, derivada de las deformaciones provocadas por movimientos de las fábricas y compuestos, los de los suelos geológicos (seísmos, asentos, etc.), o los provocados por las pérdidas materiales y progresivos arruinamientos.

En las vidrieras históricas, las deformaciones más características serán las pérdidas de planeidad de los paneles, formándose superficies combadas a las que se adaptan fácilmente los elementos de emplomado. Este problema se ve agravado cuando las fijaciones del panel a las chambranas y maineles, mediante masillas o morteros, resultan más rígidas, trasladándose toda la deformación a los tinglados de plomo, que arrastrarán en su movimiento a los vidrios. Su origen, al margen de posibles movimientos de las fábricas que arrastrarían a los vitrales, debemos achacarlo a las dilataciones-contracciones de los plomos por variaciones térmicas, no absorbidos ante la inexistencia de "junta" o masilla elástica que lo permita.

La pérdida de planeidad de los paneles no traduce hacia el interior de los espacios transformaciones considerables. Dada las magnitudes relativamente pequeñas de los paneles históricos (en raras ocasiones superan la medida de dos pies ó 64 cm.) no se llegan a alcanzar grandes deformaciones (incluso raras veces el orden de deformación implica rotura en la unión vidrio-plomo o desencajes de la misma). La lectura a contraluz, en estas condiciones, apenas percibe la deformación. Sólo cuando éstas son de magnitudes muy importantes se producen distorsiones de la composición pictórica de la vidriera.

En la contemplación exterior, las pérdidas de planeidad resultan más notorias. Introducen una plástica más vibrada en los planos de cerramiento que llegan en ocasiones a provocar sombras arrojadas y claroscuros sobre el propio panel (sin gran incidencia para la contemplación interior, según hemos podido comprobar en varias situaciones de los vitrales de la Catedral de León). Estas deformaciones suponen un proceso de vibraciones diferenciales, movidas por los cambios solares y el juego o reverberación de la luz sobre la superficie no plana, que implican una transformación “matérica” y “continua” de la vidriera contemplada exteriormente; una vibración del “aire” en sus inmediaciones.

Las pérdidas y roturas parciales de vidrios suponen, interiormente, una degradación altamente transformadora del papel arquitectónico de las vidrieras. Por los huecos se filtran finísimos haces de luz, o incluso rayos de sol cuando éste incide directamente sobre los vitrales, que provocan una ruptura de la atmósfera y espacialidad generada a manera de descontrolado efecto “transparente”. Se producen juegos de luz de efectismo barroco, o inundan el espacio hilos de pequeños brillos cambiantes por la reflexión de la luz sobre las partículas de polvo en suspensión contenidas siempre en el aire.

Estas penetraciones disturbán la atmósfera o ambiente interior, sobreponiéndose sobre el caracterizado arquitectónicamente; en ocasiones (depende de la situación, intensidad y cantidad de estos pequeños focos de luz incontrolada) nos remiten a efectos altamente gratificantes o enriquecedores de la condición espacial (resultarían comparables al efecto de la lluvia penetrando por el óculo del Panteón), y en ocasiones perturbadores, y hasta destructores, del propio espacio, llegándose a la definición y “construcción” de una espacialidad radicalmente distinta.

Estas transformaciones pueden llegar a actuar de manera semejante a como la luz penetra por los huecos abiertos en las bóvedas, fruto de su situación arruinada o con grandes pérdidas de masa, del complejo termal de Tívoli por ejemplo, creando la nueva entrada de luz una caracterización espacial radicalmente distinta a la provocada por la geometría de sus trazas originarias. Este tipo de mecanismos arquitectónicos contradictorios resultan familiares en episodios de la arquitectura actual, continuando con el ejemplo de Villa Adriana en Tívoli, “arquitecturizado” por la luz en su situación en ruinas, nos podría sugerir la misma espacialidad que presenta el Museo del Mueble, en Weil Am Rhem, Alemania, de Frank O. Gehry.

Frente al decisivo papel que juegan en los interiores las entradas “incontroladas” de luz, por la carencia o rotura de vidrios, exteriormente no van a resultar apenas perceptibles, salvo que la carencia afecte a superficies importantes, o nos encontremos en momentos solares que pudieran provocar un efecto espejo, siempre difícil en vidrieras históricas.

La dualidad de comportamientos plásticos, diametralmente distintos, en una misma situación patológica como la descrita, nos pone directamente en las dos ópticas o maneras de entender el papel definidor de las vidrieras históricas, a veces con comportamientos contradictorios, que existen en una misma situación arquitectónica. De tal manera que

un comportamiento degradatorio en una de las posibles visiones, no necesariamente implica análoga situación en el otro punto de vista posible.

La degradación superpuesta a la misión arquitectónica original, en el elemento que queramos considerar, tendrá traducciones asimismo distintas, con valoraciones lógicamente diferentes, que nos llevarán a establecer un orden y magnitud de datos de “proyecto restaurador” eminentemente más complejo que los propios problemas de comportamiento y alteración de los vidrios históricos, universo ya de por sí complejo y lleno de dificultades.

El resultado de la interacción entre las formas históricas y los procesos degradatorios (o patológicos) descritos, constituye una nueva categoría arquitectónica; lo que podríamos llamar “Forma Monumental”, en la que la presencia “arquitectónica” de las degradaciones diferenciales, actúa como señas de identidad, que las diferencian de las arquitecturas nuevas o reconstruidas. Constituyen precisamente los rasgos definitorios de su autenticidad, y por añadidura los rastros sobre los que podemos reconstruir, dada su innegable capacidad de evocación (conjunto de valores que nuestra actual cultura prima por encima de otras consideraciones posibles, siempre en conjunción con su consideración de documento histórico) el paso de los tiempos y los sucesos históricos.

Esta lectura de la monumentalidad introduce en claves de paradoja las posibles apreciaciones o diagnósticos a efectuar sobre los procesos patológicos analizados. Por una parte resultan objetivamente alteraciones que tienden a la transformación de la materialidad histórica (y hasta su desaparición física), pero por otra constituyen las pruebas efectivas de su antigüedad y originalidad.

La restauración, bajo estas coordenadas, se reconduce a un proceso de redefinición formal, en el que los ineludibles mecanismos correctores a introducir (irrenunciables de cara a garantizar la conservación de los objetos del pasado), debe resultar compatible con los valores plásticos “incorporados” a partir de los distintos procesos degradatorios padecidos. La búsqueda de un equilibrio entre ambos requerimientos, que las medidas protectoras no anulen las capacidades estéticas inherentes en todo proceso de degradación, puede constituir un enfoque, o camino a seguir, que nos impida soluciones correctas desde la óptica exclusiva de la protección, pero que anulen valores arquitectónicos que garantizan, per se, la propia estética de la “antigüedad”.

El falsificador, en su propio afán de engañar, termina por introducir falsas degradaciones en los objetos que fabrica. Resultaría absurdo, que el restaurador, en su trabajo de controlar y recrear las materialidades históricas, eliminase o anulase la propia esencia de las mismas.

Desde el punto de vista del mantenimiento de la estética enriquecida por la degradación, parecería que las soluciones de protección con películas de barnices o resinas, que más arriba comentábamos, pudieran resultar más adecuadas. Esta solución, que cuenta con pocos defensores dentro del *Corpus Vitrearum*, completada con el empleo de mallas, cuya misión protectora sólo alcanza, y parcialmente, a los

problemas de impacto mecánico, nos remite a unas condiciones de contemplación exterior muy similares a las históricas, y por tanto adecuadas a la imagen de la “monumentalidad” que debiéramos preservar. Sin embargo, lo parcial de su protección, y sobre todo las incógnitas de control de evolución futura de los vidrios tratados, se constituyen en argumentos decisivos de cara a cuestionar su validez metodológica.

Mejor aceptación entre los expertos ha tenido la práctica de anteponer vidrios, en origen prácticamente enterizos, que generasen una barrera más eficaz para evitar los problemas de impacto mecánico, al tiempo que se eliminaban las acciones de la humedad ambiental, las de granizos, hielos y lluvias, y las derivadas de los nuevos problemas de contaminación ambiental.

La anteposición de vidrios genera el problema añadido de la necesidad de ventilación de la cámara creada entre vidriera histórica y protector. También genera el de colocación del propio vidrio protector, y su inserción arquitectónica en el ventanal.

Variadas y contradictorias resultan las experiencias con que podemos contar en nuestros días. Existen ejemplos con cámaras ventiladas exteriormente (fundamentalmente defendidas, a partir del control de las condensaciones, por Roy Newton) que mantienen en su lugar histórico las vidrieras originales. Así, en España podemos citar las actuaciones de Sta. María del Mar en Barcelona, con vidrios enterizos (copiando la solución de la capilla mayor de la Catedral de Chartres) o con mejores resultados, para la contemplación exterior, en la Capilla del Condestable, de la Catedral de Burgos, anteponiendo una vidriera con despieces geométricos (se ensayó previamente con vidrios enterizos, y ante la violencia de su resultado, C. Muñoz de Pablos elaboró la solución que actualmente podemos reconocer, que contaba con el antecedente de M. Gee en la Catedral de York).

Los vidrios enterizos utilizados como protectores, introducen una violenta superficie (más violenta que en algunas experiencias realizadas en plásticos opalescentes, prácticamente ya desechadas) tersa y reflectante, sobre la ricamente matizada de las vidrieras históricas. A pesar de los intentos de mateado o vibración de su superficie, terminan por constituir el efecto “espejo”, al menos en algunos momentos del declinar del sol, con lo que se produce un descontrol total en las condiciones de contemplación del monumento. Tan potente resulta la capacidad de reflejo, que incluso cuando se ha antepuesto una malla sobre el protector, ésta no ha podido anular tales efectos (en la Catedral de León ensayamos posibles soluciones complementarias entre vidrios y mallas, con resultados negativos en todos los casos). Aun pudiendo pensar en una solución que eliminase tales reflejos, lo cierto es que este tipo de protectores termina anulando, en la definición arquitectónica comentada más arriba, todos los valores plásticos y “matéricos” ligados a la presencia de las vidrieras, para ser sustituidos por elementos de gran planeidad, tersos y homogéneos, que destruyen las cualidades de matiz de escalas que los despieces de los tinglados de plomo tradicionales introducen en los ventanales.

En la Catedral de León, durante el verano del año 1993, la campaña “Salvemos la Catedral” (iniciativa de carácter privado, con el apoyo del Cabildo Catedralicio) realizó una experiencia basada en los trabajos de Frenzel en 1971 en Regensburger. Se trasladó hacia el interior del templo una de las rosetas de un ventanal bajo de la nave norte, colocando en su emplazamiento original un vidrio mateado, para permitir que la cámara creada ventilase interiormente, con aire supuestamente menos contaminado (no se dispone de estudios sobre contaminación atmosférica en León, a pesar de haber sido reiteradamente solicitados). Se resolvió el problema de contemplación interior mediante un cerco de canto que evitase la entrada de luz lateral. Exteriormente, a pesar del pequeño tamaño de la rosa (frente a la total superficie del ventanal) el problema “espejo” resulta perceptible, incluso en una orientación norte sin incidencia frontal de los rayos de sol.

La solución de colocar el vidrio protector en el emplazamiento del vitral original, retrayendo la colocación de los vidrios históricos, utilizada ya en 1971–1972 por el Dr. E. Bacher en la iglesia de la Orden Teutónica de Graz (se dejó una distancia de 5 cm. entre ambos), fue desde las reuniones de Corpus Vitrearum de York-Cambridge-Canterbury de 1972 criticada negativamente, al provocar una lectura alterada de la materialidad histórica y arquitectónica del ventanal (esta solución aumenta inevitablemente el espesor “virtual” de la mainelería). Los oponentes esgrimían la unidad indisoluble entre maineles y vidrios (siempre contemplados interiormente), dentro de la concepción arquitectónica de una vidriera, como determinante de cualquier intervención. No podía alterarse o “falsearse” el equilibrio histórico entre luz coloreada y sombras de los elementos arquitectónicos.

Otros caminos seguidos, de cara a la solución controlada del impacto y condiciones de contemplación de las vidrieras históricas, participan en alguna medida de las filosofías expuestas, si bien las soluciones que en la actualidad se realizan van desechando el empleo de grandes vidrios enterizos (salvo en el caso comentado de León) y tienden a estudiar una segunda vidriera, geométrica o siguiendo a grandes rasgos los despieces de la histórica que se pretende proteger, tratando de compatibilizar el impacto exterior con las condiciones de contemplación interior (en la práctica resulta extremadamente difícil que no se produzcan sombras arrojadas sobre los paneles históricos, con la consiguiente alteración de las condiciones de contemplación). En este sentido resultan más convincentes las experiencias recientes, realizadas en la catedral de York por Peter Gibson, o la de Carlos Muñoz de Pablos en la capilla del Condestable de la catedral de Burgos, ya citada.

A partir de las experiencias comentadas, en la Catedral de León hemos tenido la oportunidad de experimentar una solución, actualmente todavía en fase de estudio y diseño, que parte del empleo de mallas (que podemos dimensionar de tal manera que actúen de difusores de luz, evitando sombras arrojadas) que podemos vitrificar, es decir, dotar de pequeños vidrios en los espacios abiertos, que generen un conjunto estanco. La falta de presupuestos nos ha impedido determinar si las

prescripciones de Roy Newton, de cara a controlar las condensaciones (o impedir que éstas se produzcan sobre las superficies de los vidrios históricos), nos deben llevar a ventilar exteriormente (dejaríamos varios espacios sin vitrificar) o bien, podremos ventilar hacia el interior (bastaría no sellar los paneles a los elementos de carpintería y mainelería).

Se realizaron a partir de elementos autoportantes, realizados en bronce al manganeso (aleación y proporciones suministradas por el CENIM-CSIC) laminado en espesor de 2 mm. y estirado según técnica “deployée”, para formar celdillas romboidales de 30 x 10 mm., con derrame horizontal exterior a modo de vierteaguas. Se realizaron cercos perimetrales, soldados a la malla, con pletina del mismo material de 20 x 3 mm., en una o dos caras según tamaños de paneles, para rigidización parcial y recibido a chambranas y maineles (mediante simples chavetas del mismo material, alojadas en juntas de mortero). Se colocaron con una separación mínima de 11 cm. con las vidrieras históricas (actuando de difusores y manteniendo una distancia de seguridad frente a la posible deformación por impacto). Las piezas fueron enterizas, sin elementos estructurales intermedios. En la actualidad estamos pendientes de la autorización del Director General de Patrimonio y Promoción Cultural, de la Junta de Castilla y León, para ser colocados en sus emplazamientos previstos (las fotos corresponden a fases de pruebas) del rosetón del hastial norte.

La falta de otras experiencias recientes en el diseño y tratamiento de mallas debemos achacarla a las conclusiones de la encuesta realizada en el Séptimo Coloquio del Corpus Vitrearum, celebrado en Florencia en 1970, dónde los expertos preguntados se decantaron casi unánimemente por los protectores de vidrio. En aquellos momentos convivían experimentaciones muy diversas (resinas, vidrios enterizos, en algunos casos con cámaras estancas, segundas vidrieras, etc.), se desecharon algunas, pero sobre todo se encauzaron las investigaciones hacia una solución que crease una imposibilidad de ataques por humedad o aguas directas.

Repescar las entonces olvidadas mallas, desde la óptica de controlar mejor el impacto exterior, impedir el acceso directo de la atmosfera y el agua a los vidrios históricos (vitrificando estas), eliminar sombras arrojadas mediante la creación de una pantalla difusora de luz, se nos antoja un posible camino que cumple la filosofía con la que Corpus Vitrearum ha venido enfocando las recomendaciones tendentes a resolver el complejo orden de problemas y magnitud que plantea la conservación de nuestras vidrieras históricas.

La propuesta de trabajar con protecciones tipo malla vitrificada permite reconducir el estudio de los protectores a la complejidad real de aspectos que inciden en el problema de conservación de las vidrieras históricas, no obviando (como se deduce de la mayoría de experiencias realizadas hasta la fecha) la incidencia formal y su posible misión, desde una visión “exterior”, y su capacidad de definición arquitectónica.

A las posibles lecturas arquitectónicas de esta última situación, debemos sumar los procesos de alteración y degradación de los vidrios, con sus consecuencias “plásticas” y “arquitectónicas” como datos



ineludibles de cualquier intervención que pretendamos restauradora. Mantener las señas de identidad que nos proporcionan, e incorporarlas, como materia plástica de trabajo, a los diseños que pretendamos, debe constituir el criterio rector de nuestras intervenciones.

Bajo las condiciones analizadas, tales diseños deberán ser necesariamente adaptados a las características específicas del problema arquitectónico “concreto” en cada caso (distinto en cada edificio, y aun en cada ventanal de un edificio), huyendo de soluciones “universales”, que si bien pueden resolver algunos de los problemas, no tienen en cuenta parámetros esenciales en el entendimiento integral de la arquitectura.

# La estructura arquitectónica como medio para la simbología de la luz (1140–1240)

*Aurora Ruiz Mateos*

**E**N LA VIDA del hombre medieval el símbolo estuvo presente de una manera continua. En él subyacían los principios que regían su conducta dentro de la sociedad y a él recurrían los representantes de la Iglesia para transmitirles las verdades de la fe.

El templo era el símbolo de la Jerusalén Celeste a la que aspiraba llegar el cristiano. Símbolo que, al ser una idea materializada arquitectónicamente, estuvo sujeto a variaciones en función de la forma de concebirlo y, en consecuencia, de construirlo. La arquitectura de la catedral gótica, generada en el período transcurrido entre los años 1140–1240<sup>1</sup>, está definida tanto por su estructura como por el tratamiento innovador que se dio a la luz.

Esta nueva dimensión lumínica iba a crear un característico espacio arquitectónico-místico que fue factible gracias a la estructura arquitectónica. Estructura que planteó nuevos y difíciles problemas tectónicos en relación con su antecesora románica.

Son, por tanto, dos las bases en que se apoya la catedral gótica: la estructura arquitectónica y la luz, y ambas forman el símbolo que recuerda al hombre la Jerusalén Celeste.

Fue en torno al año 1130 cuando se iniciaron las obras de la Catedral de Sens y la reforma de la Abadía de Saint Denis. En ambos edificios se articulan los elementos arquitectónicos que crean la forma gótica. En Notre-Dame, el arbotante, elemento por antonomasia del gótico, tuvo un gran desarrollo. La Catedral de Chartres fue el paradigma de la arquitectura gótica. Y será en las catedrales de Bourges y de Reims donde se dieron las mejores soluciones a los problemas técnicos que se plantearon en la estructura gótica.

Los maestros góticos utilizaron el arco apuntado que aúna su mayor altura con su mejor funcionamiento técnico, ya que minimiza el efecto del empuje de los arcos al transmitir las cargas con mayor verticalidad, es decir, más directamente hacia las columnas.

Las bóvedas de nervios cruzados adquieren una función constructiva. Las primeras experiencias comienzan al aparecer en la Normandía y en la Catedral de Durham. Ensayos que se irán perfeccionando, dando lugar a la típica bóveda de crucería, con una

perfecta articulación entre los espacios a cubrir y los elementos sustentantes, que permitirá sustituir el paramento pétreo por el paramento vítreo (Lámina 10).

Propio de la catedral gótica es su gran altura, tendencia que se inicia en el románico y que creará problemas técnicos en la estructura. Entre las causas del hundimiento de parte de la bóveda de la nave central de la iglesia de la Abadía de Cluny III estuvo la altura. La bóveda adquirió estabilidad cuando se le añadieron unos arcos perpendiculares a la nave central que ejercieron la función de arbotantes.

Las catedrales góticas llegaron a elevarse un tercio más sobre la altura conseguida por las anteriores románicas. Este aumento provocó un problema estructural por la fuerza del viento. La velocidad del viento aumenta con la altura, y como la presión que ejerce sobre un obstáculo que se interponga en su camino es proporcional al cuadrado de su velocidad, los efectos que produce tienen mayor repercusión en los edificios altos.

Los maestros góticos solventaron el problema creando un nuevo elemento arquitectónico: el arbotante. Si bien hubo con anterioridad alguna experiencia con arcos perpendiculares en las zonas de empujes laterales para contrarrestarlos, es la construcción gótica la que crea como tal el arbotante. Rápidamente se convirtió en uno de los distintivos de la catedral gótica, creando la estética de la estructura vista (Figura 1).

De los dos primeros edificios en que se genera la arquitectura gótica, la Abadía de Saint Denis está llamada a jugar un importante papel, no sólo por su novedosa arquitectura, sino también porque el promotor de su reforma gótica, el Abad Suger, dejó constancia escrita de su obra. Al narrar una gran tormenta producida en enero de 1143, hace alusión a la preocupación de la comunidad por no estar acabada la cabecera, expresando “que los arcos principales todavía no se habían alzado hasta lo alto de la bóveda” (Conant 1987:531, n. 47). El elemento por antonomasia del gótico había nacido pero no tenía todavía nombre propio.

En torno a 1155 se inició la Catedral de Notre-Dame de París. Es un edificio de cinco naves en el que se elevó la central a 35 m. de altura, hasta la línea de imposta de la bóvedas, y en el que se diseñó un magnífico sistema de arbotantes. Este estaba formado por una doble batería de arbotantes independientes, la superior que contrarrestaba el empuje de la bóveda de la nave central y la fuerza del viento y la inferior que hacía de contrarresto a la tribuna y al empuje hacia afuera de arbotante superior. Sin embargo, por la fuerte presión del viento a tan elevada altura, y teniendo presente la resistencia del mortero, se abrieron grietas en el paramento. A pesar del gran diseño, se pusieron de manifiesto problemas estructurales que no habían sido tenidos en cuenta por los maestros y que les llevó a reformar los arbotantes. En torno a 1225 los arbotantes superiores fueron sustituidos por otros de enorme tamaño que cobijaron a los de la batería inferior, y su apoyo fue elevado a la parte más alta del clerestorio para minimizar la acción del viento (Figura 2).

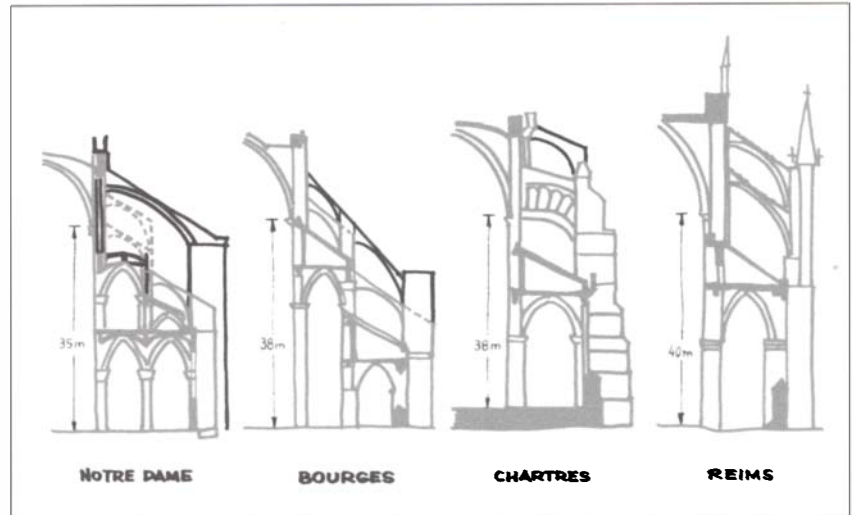


Figura 1

La estética de la estructura vista en la cabecera de la Catedral de Beauvais.

*Figura 2*

Esquemas de las secciones de las catedrales de Notre-Dame, Chartres, Bourges y Reims, según los dibujos de Robert Mark y William W. Clark. Los arbotantes dibujados en negro se añadieron a la construcción primitiva para minimizar la acción del viento.



En 1194 un incendio destruía la Catedral de Chartres con excepción del Pórtico Real. El nuevo edificio se convirtió en el paradigma de la arquitectura gótica, y su modelo estuvo presente en las nuevas construcciones. Su planta es de tres naves y la altura de la nave central se elevó a 38 m. de altura. Desapareció la tribuna de las naves laterales y el sistema de arbotantes se hizo de una sola batería. La batería superior que ahora contemplamos, fue añadida posteriormente como consecuencia de la problemática surgida en Notre-Dame (Figura 2).

La Catedral de Bourges se inicia en 1195. La altura de su nave central es también de 38 m. Su sistema de arbotantes fue como el de Notre-Dame, de doble batería, al tener igual que ella cinco naves pero sin tribuna, mas introduce una ostensible mejora al concebir unos arbotantes muy inclinados con respecto a los de Notre-Dame y a los de Chartres, ya que la citada forma transmite más directamente a los cimientos los empujes laterales producidos por las bóvedas y el viento. Sin embargo, el problema de Notre-Dame creó ciertas dudas en los constructores que buscaron una seguridad innecesaria al añadir arbotantes que cobijaron a los de las dos baterías y que se elevaron hasta la parte más alta del clerestorio (Figura 2). No obstante, a pesar del mejor funcionamiento técnico, el modelo no tuvo una gran repercusión, lo contrario que ocurrió con el de Chartres. Los constructores utilizaban las propias catedrales como modelos en los que iban perfeccionando el diseño de la estructura gótica.

La búsqueda de un mejor funcionamiento técnico y el desafío a la altura continúan en la Catedral de Reims. Sus maestros tuvieron presente las anteriores construcciones y plantearon un edificio de tres naves, que elevaron a 40 m. de altura, con una batería de doble arbotante inclinado. El superior se une al muro en su parte más alta y el inferior a la altura de las bóvedas, lo que conlleva, según lo expuesto anteriormente, un trabajo óptimo de su estructura. Por ello, los constructores góticos no introdujeron, posteriormente, ninguna reforma en el sistema de arbotantes (Figura 2).

Si sobre un contrafuerte que recibe un arbotante, en el que por tanto está presente un empuje lateral hacia afuera, se le carga el peso de un pináculo, éste aumenta la inestabilidad del contrafuerte. Hubo un maestro en Reims que, consciente del efecto negativo que puede crear el pináculo sobre el contrafuerte, dejó huecos los pináculos que rematan los contrafuertes que reciben los arbotantes (Figura 3). El efecto negativo es mínimo dado el peso del pináculo con respecto al del arbotante, pero tal tratamiento pone de manifiesto la preocupación de los maestros por hacer óptima la estructura de la catedral gótica. Decididamente el diseño de la Catedral de Reims fue genial.

En el planteamiento de la nueva arquitectura están presentes los conceptos religiosos que la promueven. El nuevo espacio nace con una nueva significación simbólica. De su protagonista, la luz, hay amplias referencias en los textos de Suger, y en ellos dejó constancia de su experiencia plástica-religiosa.

A mediados del siglo XI, Suger inicia la gran reforma de la Abadía Real de Saint Denis que hace en loor de Dios y de los reyes de Francia, dejando clara constancia de su protagonismo no sólo en su obra escrita sino también en las numerosas veces que aparece escrito su nombre en el edificio. Si bien deja patente que él es un mero instrumento de Dios en su calidad de creador e impulsor del proyecto:

Apoyándonos sobre el inestimable consejo de Dios y su ayuda insustituible, empezamos a trabajar en tan grande y suntuosa obra, hasta tal punto que, mientras al principio gastando poco carecíamos de mucho, después, gastando mucho, no nos faltaba de nada en absoluto y así confesábamos en nuestra abundancia: “Nuestra suficiencia procede de Dios” (II Cor. 3.5). Merced a un don de Dios fue descubierta una nueva cantera, productora de piedra muy sólida, de tal calidad y cantidad como nunca se había encontrado en estas regiones. (Yarza, Guardia, y Vicents 1982:48)<sup>2</sup>

Se desconoce al maestro que en Saint Denis supo articular los elementos arquitectónicos que crearon el espacio gótico con su propia y característica dimensión lumínica. De lo que ha quedado constancia es de cómo Suger fue buscando paralelismos entre las fuentes religiosas y la actividad constructiva:

... en este punto empezamos, con la ayuda de Dios, a trabajar activamente tendiendo los cimientos de material muy sólido para una nave recta y torres gemelas, fundamentos robustísimos ya que son espirituales, de los cuales se dijo: “Nadie puede cavar otros cimientos que los que ya existen, es decir Jesucristo” (I Cor. 3.11). (Yarza, Guardia, y Vicents 1982:48)<sup>3</sup>

La última frase corresponde al texto que habla de la verdadera misión de los predicadores. Pablo distingue tres categorías de constructores: los que construyen con solidez, los que construyen con materiales



Figura 3  
Pináculo vaciado para paliar el efecto negativo que produce el peso del pináculo sobre un contrafuerte que recibe un arbotante. Catedral de Reims.

que no resisten la prueba y los que en vez de construir destruyen. Leídos conjuntamente, los versículos 10 y 11 son una clara expresión del doble significado de la actividad constructiva de Suger: “Conforme a la gracia de Dios que me fue dada, yo, como buen arquitecto, puse el cimiento y otro construye encima. ¡Mire cada cual cómo construye! Pues nadie puede poner otro cimiento que el ya puesto, Jesucristo” (*Biblia de Jerusalén* 1975:1636).

Partiendo del transepto de la iglesia carolingia se construyó una espléndida cabecera, con deambulatorio y capillas radiales, en la que se plasma un nuevo concepto: la luz gótica que describe Suger:

. . . en aquella elegante y loable extensión en forma de secuencia circular de capillas, en virtud de la cual la totalidad de la iglesia brilla con la maravillosa e ininterrumpida luz de las luminosísimas ventanas, colmando la belleza interior. (Yarza, Guardia, y Vicents 1982:51)

En la segunda capilla del Sur hizo grabar:

Cuando la nueva parte posterior está reunida a la parte anterior, la iglesia brilla iluminada en su parte media, porque iluminado es quien es luminosamente acoplado a la luz e iluminado es el noble edificio que la nueva claridad invade, soy yo, Suger, quien en mi tiempo ha agrandado este edificio, es bajo mi dirección que se ha hecho. (Brankovic 1990:7)

Ha nacido un nuevo espacio arquitectónico que integra en su estructura la vidriera. La vidriera medieval, compuesta por pequeños vidrios de colores que dan vida a las distintas escenas que en ellas se representan, crea el espacio arquitectónico-místico que más se aproxima a la Jerusalén Celeste descrita en el Apocalipsis de San Juan:

Me trasladó en espíritu a un monte grande y alto, y me mostró la Ciudad Santa de Jerusalén, que bajaba del cielo, de junto a Dios, y teniendo la gloria de Dios. Su resplandor era como el de una piedra muy preciosa, como jaspe cristalino. (Apocalipsis 21.10, 11 Biblia de Jerusalén)

Resplandor que se da en el interior de la catedral gótica por las mismas propiedades del vidrio medieval. Las burbujas, que aparecen en el proceso de su elaboración, hacen que cuando un rayo las atraviesa se rompa en destellos, creando un fulgor que es propio del espacio gótico (Lámina 11).

Continúa el Apocalipsis:

El material de esta muralla es jaspe y la ciudad es de oro puro semejante al vidrio puro. Los asientos de la muralla de la ciudad están adornados de toda clase de piedra preciosa; el primer

asiento es jaspe, el segundo de zafiro, el tercero de calcedonia, el cuarto de esmeralda, el quinto de sardónice, el sexto de cornalina, el séptimo de crisólito, el octavo de berilo, el noveno de topacio, el décimo de crisoprasa, el undécimo de jacinto, el duodécimo de amatista. (Apocalipsis 21.18–20 Biblia de Jerusalén)

En la ceremonia del inicio de la reforma se tendrá presente este texto:

. . . El propio rey descendió a las excavaciones y con sus manos colocó su piedra. También nosotros y otros muchos abades y monjes colocamos nuestras piedras. Algunas personas depositaron, a su vez, gemas en señal de amor y reverencia a Jesucristo, cantando *Lapides precio si omnes muri tui*. (Yarza, Guardia, y Vicents 1982:52)

Leemos en el Apocalipsis:

. . . y la plaza de la ciudad es de oro puro, transparente como el cristal. La ciudad no necesita ni de sol ni de luna que la alumbren, porque la ilumina la gloria de Dios, y su lámpara es el Cordero. (Apocalipsis 21.21, 23 Biblia de Jerusalén)

Realmente una catedral gótica no tiene necesidad de iluminación, la luz es parte intrínseca de ella al ser sus muros translúcidos por la utilización de las vidrieras.

Numerosas citas del Antiguo y Nuevo Testamento hacen alusión a Dios-Luz. Entre ellas, quizá la que refleje con mayor claridad la presencia de Dios en la catedral gótica sea:

. . . el único que posee Inmortalidad, que habita en luz inaccesible; a quien no ha visto ningún ser humano ni le puede ver. (1 Timoteo 6.16 Biblia de Jerusalén)

En el proyecto arquitectónico de Suger estuvo presente la idea de que su iglesia reflejase el concepto de Dios-Luz. Y mediante la vía anagógica, paso de lo material a lo inmaterial, intenta conseguir que la luz de sus vidrieras conduzca hacia la luz.

*Corpus aeropagiticum* es el nombre por el que se conoce a un conjunto de escritos, que es una de las fuentes principales del pensamiento medieval. Juan Escoto Erígena hizo una traducción del griego al latín y un comentario de ellos. El primer traductor del Corpus fue Hilduino, abad de Saint Denis. Pero dado que los escritos llevaban el nombre de Dionisio, trató de demostrar la antigua tradición que hacía autor a Dionisio, el apóstol de las Galias, ya que la abadía se había hecho para acoger sus restos. Autoría de la que ya dudó Escoto y que más tarde negó Abelardo, por lo que fue expulsado de la Abadía de Saint Denis donde con anterioridad había profesado.

Ciertamente, el nombre del autor sigue siendo un interrogante y es muy probable que ni siquiera se llamase Dionisio. “La intención del autor es no decir ni pensar nada, respecto de Dios, que no esté contenido en las Sagradas Escrituras y garantizado por ellas. Puesto que Dios es el único que lo conoce, El solo es quien se puede dar a conocer a aquellos que le buscan con modestia” (Gilson 1965:77). Las numerosas citas del Antiguo y Nuevo Testamento que hacen referencia a Dios-Luz influyeron de una manera directa en sus escritos.

Dios es un Bien que crea a las criaturas, por tanto, los hombres son una manifestación de Dios-Luz. El mundo, al ser un acto creador de El, es una revelación de Dios-Luz en su obra, una luz material. Por tanto, la luz material será un reflejo de la Luz. Según el *Corpus*, “el mundo es una *teofanía*; la única que nos permite conocer a su autor” (Gilson 1965:79). Luego la luz material puede conducir hacia Dios. Mas la luz material está formada de incontables luces que serán reflejo de la Luz (Lámina 12). Escoto de Erígena, en sus comentarios de la obra de Dionisio, expresa que tanto las luces que contemplamos en los cielos como las realizadas por artificio humano son imágenes de la Luz.

Suger, como autor y director de la obra que se hacía en su abadía, plasmó de forma plástica en la nueva arquitectura el símbolo que mejor puede conducir a la mente humana hacia Dios-Luz: la luz. Podríamos decir que un tema tan controvertido como la autoría del *Corpus aeropagiticum*, estuvo presente en la simbología del espacio gótico.

Es indudable que el efecto producido por la vidriera en el interior de la catedral con sus innumerables luces de colores y el fulgor de los rayos de luz al atravesar las burbujas del cristal son una magnífica alegoría de Dios-Luz.

A este paso de lo puramente material a lo inmaterial contribuyen las escenas de las verdades que el hombre tiene que creer representadas en las vidrieras. Vidrieras a las que se les da un valor simbólico reflejado en los textos del momento. Dos de ellos, del siglo XIII, son recogidos por Grodecki (Nieto Alcaide 1993:46).

Las vidrieras que están en la iglesia y por las cuales se transmite la claridad del sol, significan las Sagradas Escrituras que nos protegen del mal y en todo nos iluminan, según Pierre de Roissy, canciller del cabildo de Chartres.

Las vidrieras son las escrituras que esparcen la claridad del sol verdadero, es decir de Dios, en la iglesia, iluminando los coros de fieles, según Durand, obispo de Mende.

Suger, como autor de las escenas de las vidrieras de Saint Denis, escribe:

Una de ellas, elevándonos desde las cosas materiales a las inmateriales, representa al apóstol Pablo girando la muela, mientras que los profetas llevan los sacos al molino. Y sobre este asunto aparecen los versos siguientes:

Haciendo girar la muela, tú separas, Pablo, el salvado de la harina.



De la ley mosaica tú revelas la significación profunda.  
 Con todos estos granos se hace el verdadero pan sin  
 salvado. Nuestro alimento perpetuo y angélico. (Yarza, Guardia,  
 y Vicents 1982:42)

Vía anagógica que estuvo presente en todo lo que proyectó  
 y creó:

Quien quiera que tú seas, si quieres exaltar la gloria de  
 estas puertas no te maravilles por el oro o por el precio, sino por  
 la maestría del trabajo.

Luminoso es este noble trabajo pero noblemente iluminará  
 las mentes a fin de que hallen la gracia de las luces verdaderas,  
 hacia la Verdadera Luz, de la que Cristo es la verdadera puerta. De  
 qué manera la luz es inherente a este mundo lo define la puerta de  
 oro: el espíritu ignorante se eleva hacia la verdad gracias a lo que es  
 material, y viendo esta luz, resucita de su antigua postración.  
 (Yarza, Guardia, y Vicents 1982:34)

Suger hace la descripción en sus textos de frontales, cruces y  
 diversos ornamentos de oro y piedras preciosas que contribuían con su  
 fulgor a la creación de esa luz gótica que elevaba las mentes hacia su  
 Creador. Idea que fue el eje de su obra y que plasmó materialmente y  
 de una manera espléndida en el interior de su abadía.

Había nacido una magnífica arquitectura. En su interior una  
 cascada de luces de colores, cargada de valor simbólico, conducía al  
 cristiano hacia la Jerusalén Celeste para encontrarse con la Luz.

---

## Notas

1. El período viene determinado porque durante él nace y se perfecciona técnicamente la estructura gótica. La primera fecha por ser el momento en que se consagra el pórtico de Saint Denis, que se había empezado hacia 1136, y en la que se comienzan las obras de la cabecera y la última porque el coro de Reims fue abovedado en 1241 dada la paralización que sufrió su construcción en 1233.
2. El considerarse Suger como un simple instrumento de Dios, para realizar la obra de su abadía, es más patente en el texto íntegro de Corintios: "Esta es la confianza que tenemos delante de Dios por Cristo. No que por nosotros mismos seamos capaces de atribuirnos cosa alguna, como propia nuestra, sino que nuestra capacidad viene de Dios" (II Cor. 3.4-6 Biblia de Jerusalén).
3. Se refiere a la obra del pórtico. Suger añade a las naves de la iglesia carolingia un pórtico y una cabecera que se consagra en 1144. Reemprendidas las obras, entre 1231 y 1281, se reconstruyen las partes altas de la cabecera de Suger y se hacen las naves.

---

## Citas

- Biblia de Jerusalén*  
 1975 Bilbao: Desclee de Brouwer.
- Brankovic, Branislav**  
 1990 *La basilica de Saint Denis*. Boulogne: Editions du Castelet.
- Conant, Kenneth John**  
 1987 *Arquitectura carolingia y románica 800-1200*. En *Manuales de Arte*. Madrid: Cátedra.

- Gilson, Étienne  
1965 *La filosofía en la Edad Media*. Madrid: Gredos.
- Nieto Alcaide, Víctor  
1993 *La luz, símbolo y sistema visual*. Madrid: Cátedra.
- Yarza, Joaquín, M. Guardia, y T. Vicents  
1982 *Fuentes y documentos para la Historia del Arte. Arte Medieval II. Románico y gótico*.  
Barcelona: Gustavo Gili.

# Ilustración gráfica del comportamiento mecánico de elementos arquitectónicos y catedrales góticas mediante la aplicación de técnicas fotoelásticas

Antonio Ros Felip

EN EL NUMERO 100 de la revista *Investigación y Ciencia* del año 1985 apareció un artículo que causó sensación. Firmado por Robert Mark y William W. Clark, y titulado “Experimentos sobre estructuras góticas”, el artículo exponía unas hipótesis sobre las causas de las modificaciones estructurales que se efectuaron en la Catedral de Nôtre-Dame de París durante o al poco tiempo de su construcción (Mark y Clark 1985). Tales modificaciones supusieron la introducción del elemento estilístico característico del gótico: los arbotantes y, según Mark y Clark, su adopción vino obligada por la necesidad de corregir diseños estructurales erróneos, más que por la pretensión de abrir en los muros grandes ventanales que albergaran extensas vidrieras.

Ante la total carencia de documentación técnica de la época, estos autores fundamentaron su investigación en estudios arquitectónicos de la propia catedral y en la profusa utilización de una técnica experimental de análisis estructural: la fotoelasticidad. Su artículo incluía una notable figura de la sección plana de la nave original de Nôtre-Dame, en la que aparecía un vistoso espectro de franjas coloreadas de cuya interpretación se deducía la respuesta mecánica de la catedral frente a las cargas externas.

Esta posibilidad de “ver” las fuerzas interiores que se desarrollan en una estructura es característica de la fotoelasticidad, y es lo que la convierte en una poderosa herramienta de investigación. No obstante, la fotoelasticidad tiene un escasísimo protagonismo en nuestro país, tanto a nivel industrial como universitario, siendo prácticamente nulo su conocimiento en ambientes no especializados. Es objeto de este trabajo demostrar las grandes posibilidades de desarrollo y aplicación de esta técnica, incluso en casos tan aparentemente complejos como los derivados de la problemática estructural de los edificios góticos.

Para estudiar mediante fotoelasticidad el comportamiento mecánico de una estructura frente a las cargas que actúan sobre ella, primeramente se fabrica un modelo a escala de la misma en un material plástico transparente adecuado. A continuación se dispone un montaje colocando alineados los siguientes elementos: una fuente de luz, una lámina polarizadora, el modelo transparente y una segunda lámina polarizadora. Sometiendo el modelo a unas cargas proporcionales a las

reales, por detrás del segundo polarizador se observa un espectro de franjas coloreadas, denominadas isocromáticas, que están directamente relacionadas con la intensidad de las fuerzas interiores, o tensiones, existentes en la pieza.

A partir del espectro de franjas de isocromáticas del modelo transparente pueden cuantificarse las tensiones reales presentes en la estructura original y, para ello, son necesarios conocimientos de óptica, mecánica de los sólidos y análisis dimensional. Sin embargo, es posible una interpretación de orden cualitativo, rápida, intuitiva y sin necesidad de recurrir a fórmulas matemáticas, observando una sencilla regla: las tensiones son importantes en aquellas zonas del modelo con mayor densidad de franjas. Por tanto, basta una simple ojeada para comprender cómo funciona una estructura, cuáles son sus zonas críticas, cómo puede mejorarse su diseño, etc. Esto es lo que confiere gran utilidad a la fotoelasticidad, especialmente en aplicaciones multidisciplinarias, como la historia de la arquitectura, en donde interviene personal sin conocimientos matemáticos profundos. En el aspecto didáctico, por ejemplo, es difícil imaginar otro procedimiento más eficaz para explicar a un alumno de arte el modo de trabajar de una columna, el funcionamiento de los distintos tipos de arco, la función del capitel, el efecto de la separación de las columnas, la acción del viento en las estructuras esbeltas, etc. (Ruiz Mateos y Ros Felip 1990).

¿Cuáles son las razones del desconocimiento de la fotoelasticidad? Hay de varias clases pero, centrándonos en las estrictamente técnicas, los problemas están en la localización de materiales fotoelásticos adecuados, en la fabricación de modelos, y en la obtención y registro de espectros de isocromáticas de suficiente riqueza.

Todos los materiales transparentes exhiben un cierto grado de sensibilidad fotoelástica, pero no hay ninguno que reúna la totalidad de las propiedades ópticas, mecánicas y económicas requeridas para ser un modelo ideal. Los mejores materiales son las resinas epoxi, pero tienen el inconveniente de que se adquieren en forma de dos componentes, resina base y endurecedor, que suelen presentarse en fase líquida. Para fabricar placas transparentes, por tanto, hay que proceder a operaciones de mezcla y moldeo que, sin ser difíciles, requieren cierta habilidad y experiencia.

El mecanizado de piezas a partir de placas transparentes de resina epoxi no reviste dificultad. Sin embargo, cuando las piezas son complicadas, como ocurre notablemente en el caso de modelos de catedrales, la operación se alarga y encarece fuertemente al ser necesarias muchas horas de trabajo de un operario ajustador. Este problema se resuelve a un coste relativamente bajo y con niveles óptimos de calidad mecanizando mediante corte por láser a partir de un plano digitalizado de la pieza.

Finalmente, para estructuras y estados de carga complejos, puede resultar difícil, o incluso imposible, la obtención de espectros de franjas apreciables sin que se produzcan roturas o inestabilidades. Así mismo, el registro fotográfico de las franjas puede complicarse por la presencia de los elementos de transmisión de las cargas. Todo esto se resuelve ensayando el modelo a una temperatura superior a la llamada de transición vítrea del

material. Para esta temperatura, que en la resina epoxi empleada en nuestro laboratorio es de unos 70 °C, el material se reblandece y permite obtener ricos espectros de franjas con cargas relativamente bajas. Estos espectros se conservan cuando se enfría el material y se retiran las cargas, pudiendo hacerse entonces un registro fotográfico cómodo y minucioso.

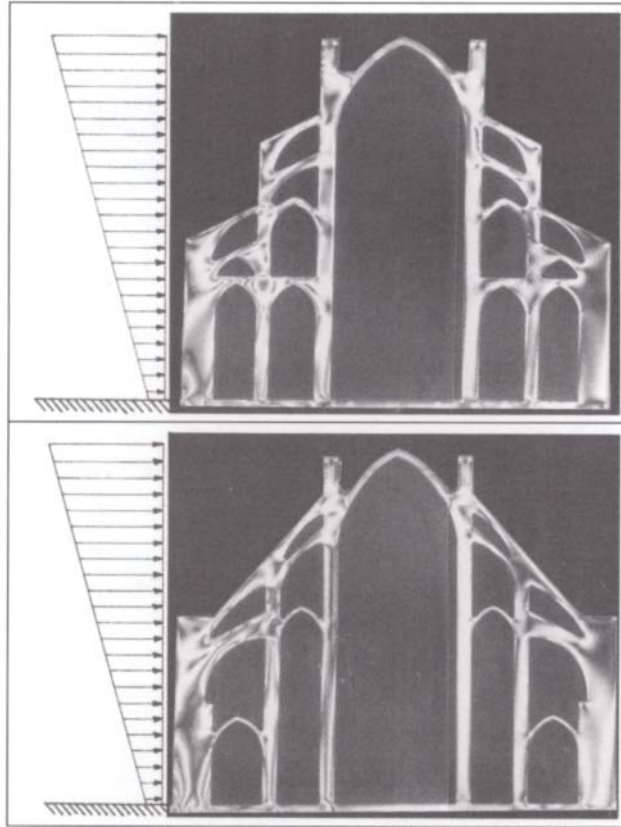
Superadas todas las dificultades, hemos podido ensayar una aplicación sobre estructuras góticas similar a la realizada por Mark y Clark, y en condiciones incluso más cómodas y fiables. Mediante corte por láser se han mecanizado dos modelos a la misma escala de las secciones de las naves de las catedrales de Bourges y Nôtre-Dame (esta última es la nave original, anterior a la reforma de comienzos del siglo XIII, y es idéntica a la del artículo de Mark y Clark). Cada modelo se ha sometido a una carga lineal horizontal de compresión que simula muy simplificada la acción del viento. Ambos modelos se han ensayado a 70 °C en una cámara transparente dotada de polarizadores, lo que ha permitido controlar el montaje y seguir en vivo la evolución de las isocromáticas. Una vez estabilizadas éstas, se ha bajado la temperatura y, transcurrido un cierto tiempo, se ha retirado la carga.

Los espectros de cargas congelados resultantes son los que pueden apreciarse en la figura. A la vista de los mismos puede ensayarse una interpretación inmediata del comportamiento estructural fijándonos en las zonas de mayor aglomeración de franjas. Así, en el modelo de Nôtre-Dame se observa que las zonas más críticas son las bóvedas principales y la base del estribo enfrentado a la carga; dentro de la mitad izquierda, la nave lateral aparece más cargada que la nave de la tribuna, y el arbotante superior está muy desahogado; la mitad derecha está prácticamente libre de tensiones salvo la zona de unión del pilar de la nave principal con la bóveda, allí se manifiesta un fenómeno de flexión debido al empuje transmitido a través de las bóvedas por la mitad izquierda del edificio.

Las isocromáticas obtenidas en el modelo de la Catedral de Bourges revelan mayores tensiones que en el modelo anterior. Ello es debido a que la mayor altura de Bourges multiplica el efecto de la presión lateral del viento. Como en el caso anterior, las zonas más críticas son las bóvedas principales y la base del estribo enfrentado a la carga. Dentro de la mitad izquierda, la nave lateral también aparece notablemente más cargada que la de la tribuna. En la mitad derecha no se aprecia el fenómeno de flexión que tiene lugar en el modelo de Nôtre-Dame, lo cual es debido a que los arbotantes de Bourges se apoyan en un punto más alto del clerestorio. Esto es una demostración de que el conjunto de arbotantes de Bourges, gracias a su diseño de mayor inclinación y continuidad, trabaja más armoniosamente que el de Nôtre-Dame.

Figura 1

Espectros de franjas de isocromáticas en modelos fotoelásticos a escala de secciones planas de las naves de las catedrales de Nôtre-Dame (arriba) y Bourges (abajo), sometidas a carga lateral de simulación de viento.



Evidentemente, la aplicación aquí presentada es muy simple y un estudio más próximo a la realidad exigiría una modelización mucho más completa de las acciones sobre los edificios: niveles de presión y sujeción producidos por el viento, pesos propios, sobrecargas, empujes del terreno, etc. Lógicamente, todo ello dará lugar a ensayos fotoelásticos más complejos que, superadas las dificultades técnicas explicadas, deben seguir siendo perfectamente factibles.

Podemos afirmar pues, en conclusión, que la fotoelasticidad aplicada al estudio de los edificios góticos permite obtener resultados inmediatos de orden cualitativo, muy valiosos a efectos comparativos, y con una facilidad y un atractivo difícilmente superables por cualquier otra técnica:

---

## Citas

- Mark, Robert, y William W. Clark  
1985 Experimentos sobre estructuras góticas. *Investigación y Ciencia* 100:92-100.
- Ruiz Mateos, A., y A. Ros Felip  
1990 Estudio de elementos resistentes en la arquitectura mediante el Método Fotoelástico. *Anales de Historia del Arte*, vol. 2, 9-36. Madrid: Editorial Universidad Complutense.

# Constitución química de las vidrieras y métodos para su análisis y para el estudio de sus alteraciones

*José María Fernández Navarro*

LOS ESTUDIOS SOBRE vidrieras medievales han experimentado un considerable incremento en los últimos 20 años. Al interés histórico-artístico que había sido el móvil principal de investigaciones anteriores, ha venido a añadirse una razón decisiva de trascendental importancia: la de la restauración y protección de las vidrieras ante el creciente deterioro que pone en peligro su supervivencia y amenaza con la pérdida de un patrimonio cultural de tamaño importancia. El ataque atmosférico natural que han venido sufriendo a lo largo de varios siglos de existencia, se ha intensificado a causa de la creciente contaminación atmosférica que ha agravado, sobre todo en las grandes ciudades y en las zonas industriales, las condiciones de agresión química. Ante esta alarmante situación se elevaron hace ya varios años autorizadas voces de alerta de científicos y conservadores aprovechando la celebración del IX Congreso Internacional del Vidrio (Brill 1972a). Las instituciones de algunos países reaccionaron y han tomado diversas iniciativas para atajar este mal. Con este fin se han realizado numerosos trabajos de investigación dirigidos con riguroso criterio científico y se han puesto en juego las más avanzadas y sofisticadas técnicas de análisis y de caracterización de que hoy se dispone.

La metodología de estudio es similar en todos los casos y consta de las siguientes fases:

- Caracterización y análisis del vidrio
- Identificación de las alteraciones
- Determinación de sus causas
- Decisión sobre los métodos de limpieza a emplear
- Restauración del vidrio
- Medidas de protección y conservación ulterior

A lo largo de este trabajo se llevará a cabo una revisión sobre la composición química de los vidrios empleados en la construcción de las vidrieras, su influencia sobre la corrosión de las mismas y las técnicas empleadas para su caracterización.

---

## Composición química de los vidrios

El conocimiento de la composición química de los vidrios que integran las vidrieras es especialmente importante por la variada información que puede proporcionar acerca de distintos aspectos de interés:

- Tipo de vidrio
- Orientación sobre la época de fabricación
- Orientación sobre el lugar de fabricación
- Mecanismo del ataque químico sufrido
- Intensidad del ataque
- Naturaleza de los depósitos formados
- Disminución de la transparencia
- Tratamiento de limpieza a emplear
- Tratamiento de protección
- Eventual reproducción de piezas y reposición

Las variaciones de composición química observadas en los vidrios, dependiendo de la época y del lugar de su fabricación, han dado pie a muchos intentos para establecer a partir de aquélla su procedencia y su datación histórica, al menos orientativamente. Con este fin algunos autores (Vassas 1972a; Cox et al. 1979; Cox y Pollard 1981; Müller, Fischer, y Drachenberg 1989; Müller, Torge y Adam 1994) han acumulado multitud de datos analíticos que han agrupado atendiendo principalmente a la proporción de los tres componentes fundamentales: sílice, óxido de sodio y/o de potasio y óxido de calcio. Junto a éstos también han servido de referencia otros óxidos menos comunes que, precisamente por ello, tienen mayor valor testimonial.

Debe señalarse que tan importante como conocer la composición del vidrio en su masa es disponer del análisis de su superficie que va a ilustrar además sobre la existencia de grisalla y de posibles capas coloreadas, sobre su estado de conservación y sobre los productos de ataque formados.

### Contenido de sílice

Debido al papel que desempeña la sílice como formador de red, su contenido determina en los vidrios de silicato su comportamiento físico-químico. Si la proporción de sílice desciende por debajo del 60% y no existen otros formadores de red, la estabilidad del vidrio disminuye considerablemente. El bajo contenido de sílice es una de las principales causas del deterioro de las vidrieras medievales, ya que en muchas de ellas ésta se halla comprendida entre el 50% y el 60% y en algunas puede incluso descender hasta un 40%.

Como tendencia general se observa que los vidrios del siglo XII tienen una proporción más elevada de sílice con valores próximos e incluso superiores al 60% en peso.



## Contenido de iones alcalinos

Junto al contenido de sílice los factores que más influyen, sin duda, en la resistencia química de los vidrios son la naturaleza y la concentración de los óxidos alcalinos que intervienen en su composición. La elevada proporción de óxidos alcalinos que contienen los vidrios medievales, especialmente de óxido de potasio los hace muy vulnerables. Como es bien sabido, los vidrios sódico-cálcicos son mucho menos atacables que los potásico-cálcicos. De ambos óxidos alcalinos el más comúnmente empleado desde los orígenes de la fabricación del vidrio fue el de sodio que se obtenía a partir de las cenizas de plantas, como la barrilla (*Salsola soda*), crecidas en las costas mediterráneas. Los vidrios potásico-cálcicos surgieron durante la alta Edad Media en los talleres establecidos en los bosques centroeuropeos (de ahí su nombre de vidrio de bosque), que por hallarse alejados de las rutas del comercio de las materias primas sódicas, tuvieron que recurrir como fuente de álcali al empleo de cenizas de la madera y de otras plantas, ricas en carbonato potásico. Las ventajas que ofrecían la menor temperatura de fusión, el mayor intervalo de trabajabilidad de los vidrios potásicos y el mayor brillo de sus colores, no hicieron sospechar que, como contrapartida, iban a resultar más atacables químicamente, ni los graves inconvenientes que de su baja estabilidad se iban a derivar para su conservación futura. Las fórmulas químicas de estos vidrios potásicos se hallan contenidas en el viejo y famoso libro del monje Teófilo (Theophilus 1847), que fue la obra clásica que sirvió de guía y recetario a muchos de los fabricantes de vidrieras medievales. La receta para preparar un vidrio establecía que debían mezclarse dos partes de cenizas de madera de haya con una parte de arena purificada.

De los vidrios que datan del siglo XII, parte son sódicos y parte potásicos. Los potásicos tienen contenidos de óxido de potasio más bajos que los de épocas posteriores, generalmente inferiores al 15% en peso. Sorprende encontrar vidrios de este siglo con porcentajes molares del 13% al 15% de  $\text{Na}_2\text{O}$  procedentes de la Catedral de York (Cox et al. 1979), junto a una mayoría de vidrios potásicos. Hay que señalar que curiosamente la mayoría de los vidrios de esa época con alto contenido de óxido de sodio son vidrios de color azul.

Durante los siglos XIII al XV predominan los vidrios potásicos, mucho más fácilmente alterables. No sólo aumenta el óxido de potasio hasta un 20–30% en peso, sino que al mismo tiempo la proporción de sílice descende hasta alrededor de un 50%, variaciones ambas que contribuyen a disminuir la estabilidad química del vidrio.

A partir del siglo XV se aprecia un cambio de composición con un aumento del porcentaje de sílice y una disminución del de óxido de potasio que redundan en un notable mejoramiento de la calidad del vidrio. Por eso no debe llamar la atención que muchas vidrieras más antiguas estén mejor conservadas que otras fabricadas tres siglos después. Hasta el XVI no se reanuda la fabricación de vidrios sódicos, que ya se mantiene en lo sucesivo de una forma regular.

Atendiendo a su origen, los vidrios fabricados en los países del centro y del norte de Europa entre los siglos XII y XV son pobres en sílice y predominantemente potásicos, mientras que los vidrios galo-romanos y los procedentes del sur de Francia y de otros países mediterráneos son de naturaleza sódica. También se aprecian cambios locales de composición que permiten establecer diferencias entre los vidrios fabricados en las Islas Británicas y los del continente europeo, que en general se manifiestan por una mayor estabilidad de los primeros.

### Contenido de óxido de calcio

El porcentaje de óxido de calcio se mueve entre límites mucho más amplios, que pueden llegar hasta un 25–30% en peso, aunque en la mayoría de los casos no suele sobrepasar el 20%.

### Otros componentes

Junto a estos tres componentes fundamentales hay que mencionar otros que, aunque en proporciones menores, aparecen como una constante en casi todas las muestras de vidrieras. Los principales son los óxidos de magnesio, bario, plomo, aluminio, titanio y fósforo. En los vidrios coloreados se hallan presentes además, lógicamente, los componentes responsables de su coloración, que se consideran en el apartado siguiente.

El MgO interviene generalmente en porcentajes molares comprendidos entre un 6% y un 10%. El óxido de magnesio era aportado por las cenizas de madera que lo contienen en una proporción aproximada de un 12%.

El PbO ha sido encontrado en vidrios de color verde oscuro (Schreiner 1988a; Müller 1992), en proporciones de alrededor de un 5% a un 13%, pero puede llegar hasta un 40–50%. Naturalmente, los vidrios que lo contienen en estas concentraciones han llegado hasta nosotros en buen estado de conservación. El ataque atmosférico de estos vidrios da lugar a la formación de sulfuro de plomo, que es muy estable y crea sobre la superficie del vidrio una capa que lo protege de ataques ulteriores.

Los óxidos de aluminio y titanio, así como parte del de calcio, proceden de las arcillas empleadas para la fabricación de los crisoles, como consecuencia del progresivo ataque de éstos por el vidrio fundido y su incorporación a él.

El pentóxido de fósforo es un componente habitual de los vidrios medievales (Geilmann y Jenemann 1953; Pérez y Jorba et al. 1984); se halla presente en concentraciones muy variables que oscilan entre unas pocas centésimas % y alrededor de un 5%. Es muy improbable que fuera adicionado con una finalidad determinada, por lo que cabe pensar que se incorporara formando parte de las cenizas utilizadas como materia prima alcalina. Como se verá más adelante, el pentóxido de fósforo presente en el vidrio puede contribuir a la formación de depósitos cristalinos superficiales (Pérez y Jorba et al. 1984).

Müller establece cinco tipos de vidrios atendiendo a los componentes principales  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Müller, Torge y Adam 1994; Müller 1992):

Tabla 1 Tipos de composición de vidrieras medievales (según Müller, Torge y Adam 1994).

Tipo de vidrio	Composición (peso %)						Color
	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{PbO}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	
1	45-55	15-25	15-25	0-2	0-1	0-4	diverso
2	45-55	25-35	10-15	0-2	0-1	0-4	diverso
3	60-75	1-6	5-8	10-18	0-1	0-4	azul
4	30-40	5-20	5-20	0-1	10-50	0-10	verde
5	55-70	10-20	2-8	2-8	0-1	3-10	diverso

Los vidrios del tipo 1 y del tipo 2 se diferencian en que en los primeros la relación  $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$  es menor de 2 y en los segundos, mayor de 2. La inmensa mayoría de las vidrieras está constituida por vidrios del tipo 1; los del tipo 2 son muy escasos; los vidrios azules del tipo 3 sólo corresponden al siglo XII; los del tipo 4 se encuentran a lo largo de toda la época medieval, y los del tipo 5 pertenecen al período renacentista. Los vidrios del tipo 3 son los que se hallan mejor conservados.

## Colorantes

En el estudio de alteración de las vidrieras hay que considerar, además del deterioro químico del vidrio, las alteraciones que han sufrido los colores. Puede observarse de modo general una importante disminución de la transparencia, debida no sólo a la acumulación de depósitos de suciedad (polvo y hollín del humo de las velas en el interior) y a la formación de costras opacas de sales, sino también a los cambios del estado de oxidación de algunos iones inducidos fotoquímicamente por la irradiación luminosa a la que han estado secularmente expuestos. Por eso deben también considerarse los distintos elementos empleados como agentes colorantes.

### Oxido de cobalto

El color azul intenso se obtenía siempre utilizando sales de cobalto, uno de los más antiguos colorantes del vidrio que ya fue habitualmente empleado por los vidrieros egipcios en el siglo XVI a.C. Su uso ha sido general en todas las vidrieras desde el siglo X. Como han puesto de manifiesto los análisis realizados por Chesnau (1933), Vassas (1972b) y Bettembourg (1972) en vidrios azules de diversas catedrales francesas, por Kühne (1960) en muestras de la Catedral de Stendal y por Geilmann (1962) en muestras de distintas procedencias, el óxido de cobalto, cuyo contenido varía generalmente entre un 0,1% y un 1%, suele estar acompañado de contenidos de  $\text{CuO}$  variables entre un 0,05% y un 0,5%. La aportación de este

colorante se hacía mediante el empleo de diversos minerales de cobalto, tales como el sulfuro y el arseniuro.

### **Oxido de manganeso**

Con la función de colorante y—más frecuentemente—de decolorante, hay que citar al óxido de manganeso.

Aunque se usó como colorante para producir la coloración rosa de las carnaciones y más tarde—a partir del siglo XVI—para obtener el color violeta, el hecho de que aparezca en concentraciones muy variables hace pensar que en muchos casos su incorporación fuera puramente accidental, como impureza de las cenizas alcalinas. En efecto, Geilmann y Brückbauer (1954) determinaron el contenido de manganeso en las cenizas de madera de haya de distintos lugares y obtuvieron valores comprendidos entre un 0,1% y un 10%.

Lo que se desconocía entonces es que el óxido de manganeso, que en su estado reducido  $Mn^{2+}$  no produce color, experimenta una fotooxidación por efecto de la acción prolongada de la luz solar y pasa al estado de oxidación  $Mn^{3+}$  que imparte un color violeta al vidrio de acuerdo con la reacción:



Este proceso de solarización da lugar a una disminución progresiva de la transmitancia del vidrio y a un cambio de la tonalidad de sus colores originales. La coloración violeta puede hacerse desaparecer de forma reversible calentando el vidrio por encima de unos 450 °C, si bien este tratamiento, además de entrañar el riesgo de formación de fisuras, es a la larga de escasa utilidad a causa de la reversibilidad del proceso.

Por otra parte, el manganeso extraído del vidrio a lo largo del proceso de corrosión puede llegar a oxidarse hasta su estado tetravalente dando lugar a una oscura coloración parda. Estas sales de manganeso, que son poco solubles, quedan retenidas en la película de gel formada sobre la superficie del vidrio y también se acumulan en las zonas de vidrio más atacadas, donde llegan a alcanzar concentraciones superiores al 10% (Müller et al. 1986), produciendo un intenso oscurecimiento. Pueden eliminarse mediante un lavado ácido o por un tratamiento reductor con una solución de hidrazina.

### **Oxido de hierro**

Lo mismo que el de manganeso, el óxido de hierro era una impureza habitual, no sólo de las cenizas potásicas, sino también de otras materias primas que, en conjunto, podían elevar el contenido de este óxido por encima de un 0,5% en peso. Como es bien sabido, la presencia de hierro da lugar a una coloración que puede variar desde el azul verdoso, característico de los iones ferrosos, al pardo amarillento, menos intenso, propio de los iones férricos.

La presencia simultánea de óxido de manganeso y de óxido de hierro, que comúnmente coexistían como impurezas, da lugar a una

amplia gama de tonalidades como resultado de la superposición de los colores de los iones presentes y de la proporción en que éstos se encuentren como consecuencia de la interacción redox que se establece entre ellos durante la fusión del vidrio, de acuerdo con el equilibrio



Según que predomine una atmósfera reductora u oxidante, el equilibrio anterior se desplaza hacia la derecha o hacia la izquierda, variando el color entre el azul violeta y el amarillo, como han demostrado Sellner y Camara (1979) reproduciendo experimentalmente la fusión de vidrios antiguos bajo diferentes condiciones redox. La influencia de la atmósfera del horno, de la temperatura y del tiempo de fusión sobre el color de los vidrios ya era conocida empíricamente en la antigüedad y está descrita por Teófilo (Theophilus 1947).

### **Oxido de cobre**

Este es el colorante comúnmente empleado para impartir coloraciones azul y verde turquesa. Muchos vidrios con contenidos de óxido de cobre de alrededor del 1% al 2% presentan una buena estabilidad química, debido a que en su composición intervienen porcentajes relativamente elevados de PbO y/o de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Cox et al. 1979; Schreiner 1988a) y también de óxido de sodio (Müller, Torge y Adam 1994).

El color verde se obtenía por la presencia conjunta de óxido cúprico y óxido férrico en vidrios fundidos en condiciones oxidantes (Vassas 1972b). Gran parte de estos vidrios verdes han llegado asimismo en un buen estado de conservación, debido igualmente a su elevado contenido de óxido de plomo (Müller, Torge y Adam 1994; Müller 1992; Schreiner 1988b).

El óxido de cobre desempeña un papel especialmente importante en la producción del color rojo rubí entre los siglos XIII y XVI. El color se desarrollaba, en general, por aplicación sobre la superficie del vidrio de una pasta arcillosa a la que se adicionaban sales de cobre y sustancias reductoras, y por un tratamiento térmico posterior durante el cual se producía un intercambio de los iones alcalinos del vidrio por los iones cuprosos contenidos en la pasta. Estos iones dan lugar a la formación de óxido cuproso que se agrega formando partículas coloidales responsables de la coloración rubí y microcristales de cobre elemental (Durán y Fernández Navarro 1983). Así se obtenían capas de espesor variable que presentan un gradiente de concentración de iones cobre (Fernández Navarro y La Iglesia 1994). Hregelich, Profilo y Veritá (1979) describen que los vidrios rojos rubí estaban constituidos por tres estratos diferentes: uno, el del vidrio base, de alrededor de 2600 micras de espesor; el segundo, un estrato rojo de 120 micras, y una tercera capa, de 65 micras, de vidrio transparente superficial. Spitzer-Aronson (1976) también considera que el color rojo no siempre se debe a la existencia de una única capa coloreada por intercambio iónico, ya que en varios casos ha podido poner de

manifiesto por medio de una microsonda electrónica, la existencia de varias capas superpuestas conteniendo cobre.

### **Plata**

Los compuestos de plata comenzaron a emplearse a principios del siglo XIV para producir el color amarillo por intercambio iónico, siguiendo un método análogo al descrito anteriormente para los rojos rubí de cobre. Este procedimiento de coloración superficial proporciona tonalidades doradas mucho más luminosas que las que se conseguían por coloración en masa mediante la incorporación de óxido férrico. No hay que descartar la posibilidad de que algunos de los vidrios amarillos en masa fueran obtenidos en condiciones reductoras, en las que el hierro en estado ferroso forma en presencia de iones sulfuro el cromóforo ámbar. La formación de los sulfuros es fácilmente explicable por reducción de los sulfatos contenidos en las cenizas de la madera por la materia orgánica.

### **Capas de grisalla**

Al estudiar analíticamente la superficie del vidrio hay que tener en cuenta la posible existencia de capas de grisalla que también son de naturaleza vítrea, aunque de muy distinta composición. Generalmente estaban constituidas por mezclas de sustancias fácilmente vitrificables, coloreadas por iones de transición que, una vez fundidas, se molían, se suspendían en aceite, se aplicaban como pintura sobre el vidrio y se horneaban a temperaturas que debían de estar próximas a unos 500–600 °C. Frecuentemente entraba en la composición de las grisallas óxido de plomo como fundente. La presencia de éste aumentaba su estabilidad química y por ello se hallan muchas veces en mejor estado de conservación que el vidrio sustrato. Sin embargo, pueden estar parcialmente desprendidas como consecuencia de una mala adherencia o por efecto de tensiones creadas por diferencias entre sus coeficientes de dilatación. En tal caso la superficie del vidrio subyacente suele estar mucho más atacada. Cuando las capas de grisalla también sufren los efectos de la corrosión, el daño suele ser irreparable, pues, debido a su delgado espesor, se atacan rápidamente y se mezclan de forma inseparable con los productos de ataque, haciendo imposible la recuperación del trazado original.

### **Influencia de la composición química sobre la alterabilidad de las vidrieras**

El deterioro y la degradación que han sufrido las vidrieras a lo largo de los siglos es la consecuencia de la meteorización progresiva a que ha estado sometido el vidrio en su cara externa durante el prolongado ataque atmosférico a que ha estado expuesto a lo largo de los siglos. En su cara interna, protegida de la intemperie, no es menos grave el efecto debido a la condensación de humedad, favorecida por las grandes concentraciones humanas y por las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior. Como se verá más adelante, las minúsculas gotitas de agua formadas, que permanecen largo tiempo depositadas sobre el vidrio, ejercen una acción

mucho más fuertemente corrosiva de lo que a primera vista pudiera pensarse y precisamente sobre la superficie pintada del vidrio, en la que los daños producidos son mucho más irreparables.

La atacabilidad química de los vidrios ha sido objeto de numerosos estudios (Newton 1985). Los principales factores que influyen sobre el ataque son los siguientes (Gillies y Cox 1988a):

- Composición del vidrio
  - sódicos
  - potásicos
- Homogeneidad química del vidrio
- Tensiones mecánicas internas
- Lesiones mecánicas de la superficie (abrasión)
- Condiciones climáticas locales
- Orientación geográfica
- Tratamientos anteriores de restauración y protección
- Existencia de capas de decoración o pintura superficial
- Acción biológica (hongos, líquenes, microorganismos)

Principalmente está influida, como es sabido, por la proporción relativa de óxidos formadores, estabilizantes y modificadores, y por la naturaleza más o menos básica de éstos.

En cuanto a los óxidos formadores que más comúnmente intervienen en los vidrios medievales ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), se ha comprobado que sólo cuando la suma de sus porcentajes molares es superior al 60% se han mantenido inatacables al paso del tiempo. Por debajo de este valor aparecen con picaduras o costras. La influencia de los óxidos alcalinos sobre la durabilidad del vidrio es también decisiva, tanto por lo que se refiere al porcentaje molar en que intervienen como a su naturaleza. Sin embargo, ambos datos deben considerarse cuidadosamente, atendiendo al resto de los componentes para evitar interpretaciones erróneas. El porcentaje máximo de óxidos alcalinos que limita la estabilidad química de los vidrios puede estimarse entre un 16% y un 20%, dependiendo de la proporción de los otros óxidos. Respecto a la naturaleza de los óxidos alcalinos, puede afirmarse en general que los vidrios potásicos son mucho más atacables químicamente que los sódicos. Sin embargo, la adición de óxido de potasio a un vidrio sódico, es decir, la presencia conjunta de dos óxidos alcalinos, disminuye su atacabilidad debido al llamado efecto de álcali mixto (Fernández Navarro 1991).

En tercer lugar figura el conjunto de los óxidos del tipo RO, entre los que el de calcio es el que interviene en mayor proporción. Desde el punto de vista de la durabilidad química del vidrio, más importante que un elevado porcentaje de CaO es que la relación  $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O}$  sea lo más alta posible. Dentro de los óxidos RO hay que incluir el PbO que, como ya se ha indicado, aumenta considerablemente la estabilidad química del vidrio.

El ataque químico de las vidrieras se inicia en ambiente húmedo y puede transcurrir de acuerdo con distintos mecanismos. En un medio acuoso primeramente se adsorbe una delgada película de agua, cuyas

moléculas se fijan mediante puentes de hidrógeno sobre los grupos silanoles Si-OH existentes en la superficie del vidrio. Las moléculas de agua penetran de forma progresiva, difundándose hacia el interior y formando una capa de gel de sílice, la cual, inicialmente, puede incluso actuar como una barrera protectora. Paralelamente a esta difusión, tiene lugar un ataque del vidrio a cargo de los protones o de los hidroxilos del agua. Dependiendo de cuál de estas dos especies iónicas predomine, se establecerán condiciones ácidas o básicas.

#### Ataque en medio ácido

En medio ácido, como consecuencia del predominio protónico, el ataque transcurre por un proceso de intercambio iónico entre los cationes alcalinos del vidrio y los protones del medio:



La creciente formación de silanoles es la que hace posible la fijación de moléculas de agua mediante puentes de hidrógeno. Como consecuencia de este ataque, se produce en una primera fase una desalcalinización superficial del vidrio. En los vidrios muy alcalinos el proceso de intercambio iónico es muy intenso, la extracción de álcali es muy elevada y como resultado pueden sufrir alteraciones importantes. Este es el caso de la mayoría de los vidrios medievales. Por otra parte, la naturaleza del catión alcalino también influye grandemente en la intensidad del ataque. Cuanto mayor sea su radio o menor su intensidad de campo, más fácilmente extraíbles son, porque su enlace electrostático con el oxígeno al que se hallan unidos es más débil. De acuerdo con ello, la atacabilidad del vidrio aumenta en el orden  $\text{Li} < \text{Na} < \text{K}$ . Esto explica que los vidrios potásicos hayan sufrido un deterioro mucho mayor que los sódicos.

#### Ataque en medio básico

El ataque en medio básico está regido por otro mecanismo diferente que corre a cargo de los grupos hidroxilo, según las reacciones siguientes:



Los grupos Si-O- no saturados pueden reaccionar con moléculas de agua y formar nuevos grupos silanol y más grupos OH-:



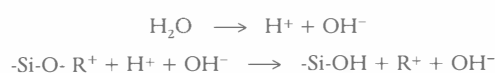
Así como el ataque del vidrio en medio ácido transcurre lentamente, ajustándose a un proceso de interdifusión iónica, el ataque en medio básico progresa más rápidamente y es mucho más agresivo, ya que los grupos  $\text{OH}^-$  producen la rotura de grupos siloxano, con la consiguiente destrucción parcial de la red. Por eso, la atacabilidad química del vidrio aumenta con el valor del pH (El-Shamy, Lewins y Douglas 1972). En medio básico no se forma ninguna capa de gel protectora, como sucede en



medio ácido, puesto que los agregados de ácidos silícicos que se van extrayendo son solubles en el medio alcalino.

#### Ataque en medio neutro

En un medio acuoso neutro el vidrio no debería sufrir ninguna alteración aparte de su hidratación superficial. Así es, ciertamente, cuando el vidrio se encuentra sumergido en agua en exceso o cuando el agua en contacto con él se renueva de forma continua, como sucede en el caso de la lluvia o de un lavado con agua corriente. En tales casos el ataque hidrolítico no tiene mayores consecuencias. Por el contrario, en contacto con una pequeña cantidad de agua y en condiciones estáticas, en las que ésta no se renueve ni se evapora fácilmente por hallarse en una atmósfera saturada de humedad, se produce un intenso ataque. Así, paradójicamente, la acción prolongada de pequeñas gotas de agua depositadas sobre el vidrio o bien una película de humedad condensada sobre su superficie producen un efecto mucho más corrosivo que un gran volumen de agua. El mecanismo de ataque en condiciones de neutralidad es una combinación de los dos mecanismos anteriormente descritos. El proceso se inicia por intercambio iónico de los protones del agua con los iones alcalinos del vidrio:



La entrada de protones en el vidrio determina la salida de iones alcalinos y un aumento creciente de la concentración de grupos  $\text{OH}^-$  en el medio acuoso. Si éste no se renueva, sino que permanece estacionario en contacto con el vidrio y se encuentra en pequeña cantidad, se va haciendo cada vez más básico y, por lo tanto más agresivo, produciendo la destrucción progresiva de la red vítrea, de acuerdo con el mecanismo de ataque en medio básico anteriormente expuesto:

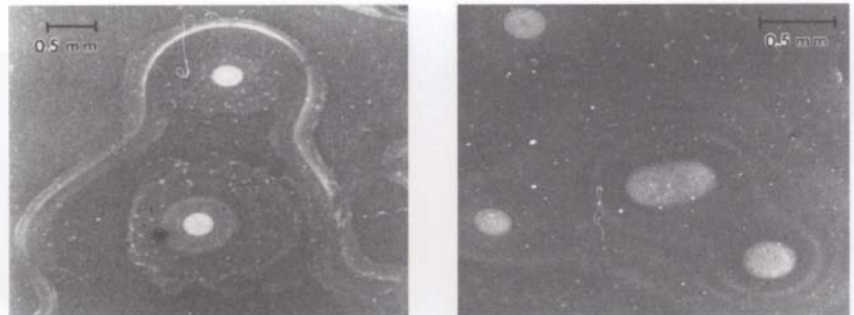


De esta manera se producen manchas localizadas formadas por depósitos salinos que a veces son indelebles o muestran una lesión profunda. Esta es la explicación de por qué con frecuencia la cara interior de las vidrieras aparece fuertemente atacada. El agua condensada sobre la superficie del vidrio como consecuencia de la saturación de humedad en el ambiente por efecto de la concentración de grandes masas humanas, es la responsable de esa corrosión interior.

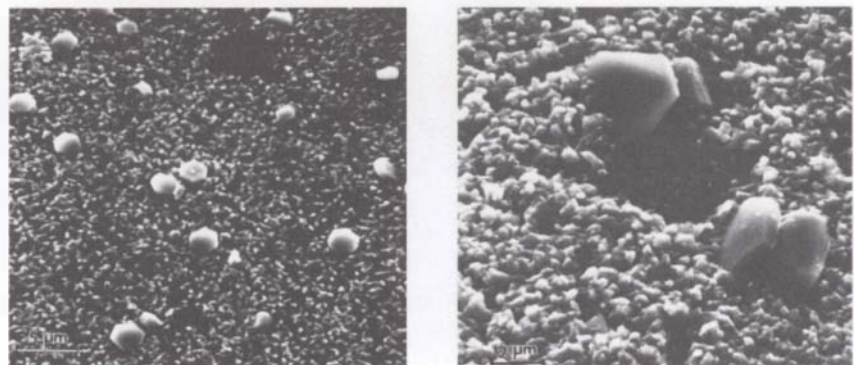
El ataque húmedo se acentúa por la presencia de otros agentes químicos de la atmósfera o contaminantes de ella, como son el  $\text{CO}_2$ , el  $\text{SO}_2$ , el  $\text{SO}_3$  resultante de la oxidación del anterior y algunos óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  que reaccionan con los iones alcalinos o alcalino-térreos extraídos, formando depósitos insolubles, de naturaleza cristalina, principalmente carbonatos y sulfatos. Los nitratos son muy solubles y no dan lugar a depósitos.

La corrosión comienza en los puntos más solubles de la superficie del vidrio. Primeramente se produce una extracción de los iones alcalinos por efecto del agua atmosférica acidulada por el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{SO}_2$ , que dan lugar a la formación de compuestos solubles. Una vez eliminados los iones alcalinos, permanecen los óxidos formadores junto con el óxido de calcio. Según hemos comprobado en vidrios sódico-cálcicos comunes sometidos a una prolongada corrosión por pequeñas gotas de agua en un ambiente saturado de humedad, los iones sodio se difunden hacia la periferia de la gota (Figura 1) (Fernández Navarro 1988), mientras que la sílice y el óxido de calcio permanecen en la zona central formando un núcleo insoluble de carbonato cálcico (Figura 2), cuya morfología es muy semejante a la observada por Nauer y Kny (1977).

*Figura 1*  
Huella dejada por gotas de agua de condensación sobre la superficie de un vidrio sílico-sódico-cálcico.



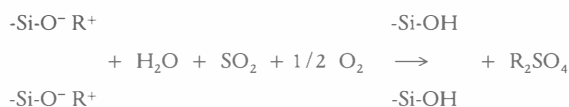
*Figura 2*  
Cristales de carbonato cálcico formados por el ataque prolongado de las gotas de agua de la figura anterior sobre el mismo vidrio sílico-sódico-cálcico.



Pérez y Jorba et al. (1978) consideran que primeramente se forma hidróxido cálcico que después pasa a carbonato y por último a sulfato hidratado:



La formación de sulfatos alcalinos también puede ser el resultado directo de una extracción previa de los iones alcalinos en un medio húmedo combinada con la acción del dióxido de azufre, según la reacción propuesta por Douglas e Isard (1949):



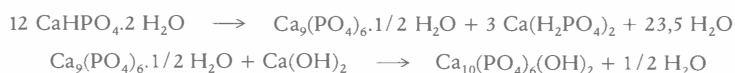
Se trata de un proceso de intercambio de los iones alcalinos R<sup>+</sup> del vidrio por iones H<sup>+</sup> del medio, controlado por la velocidad de difusión de éstos a través de la superficie del vidrio.

Una tercera hipótesis es que inicialmente se formen sulfitos ácidos Ca(HSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y Mg(HSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> que son muy solubles. Al emigrar a la superficie, se transforman en sulfitos neutros. El de calcio, muy insoluble, se localiza en las fisuras y se oxida a sulfato, mientras que el de magnesio, muy soluble, se extrae fácilmente. Esto explica que los depósitos de sulfato magnésico sean raros (Pérez y Jorba et al. 1984; Collongues, Pérez y Jorba, y Tilloca 1976).

En los vidrios que contienen pentóxido de fósforo, éste en presencia de carbonato cálcico puede también contribuir a la formación de hidroxiapatito, en virtud de las siguientes reacciones (Pérez y Jorba et al. 1984):



A temperaturas por encima de 40 °C la reacción transcurre según:



### Formación de depósitos o costras superficiales

Como consecuencia de la extracción iónica que tiene lugar en los puntos de mayor solubilidad, se inicia una corrosión química que se manifiesta en forma de picaduras aisladas, más o menos profundas, o como una alteración uniforme de toda la superficie. En el primer caso, las picaduras se inician por ataques químicos localizados en zonas de microfisuras concéntricas, producidas por tensiones mecánicas debidas a la presencia de pequeñas inclusiones, o bien en puntos que por heterogeneidades químicas debidas a fluctuaciones locales de la composición son más vulnerables. El segundo tipo de corrosión generalizada es el más grave y, por desgracia, el más frecuente y característico de los vidrios potásicos y de los de menor contenido de sílice. Cuanto mayor es la proporción de potasio, mayor es el número de puntos de ataque que aparecen y más profundos son los cráteres formados. A medida que progresa el ataque químico, los productos de reacción depositados sobre la superficie del vidrio forman capas cuyo espesor puede llegar a ser de algunos milímetros, constituidas mayoritariamente por sílice amorfa y por sulfatos. Entre estas capas y el vidrio base se forma una película de gel como resultado del intercambio de iones alcalinos del vidrio por iones hidrógeno. En esta película de gel pueden acumularse elementos colorantes poco solubles. La acumulación de los iones colorantes unida a la naturaleza policristalina de las capas de

alteración, determinan una fuerte absorción luminosa que se traduce en un oscurecimiento del vidrio.

A diferencia de los vidrios potásicos en que la corrosión da lugar a una capa continua, más o menos profunda, los vidrios sódico-cálcicos presentan una estructura laminar formada por exfoliación de capas ricas en sílice (Nauer y Kny 1977).

Es importante señalar que, como Geilmann, Berthold y Tölg (1960) indican, las alteraciones químicas producidas por la meteorización del vidrio tras un prolongado ataque atmosférico son muy diferentes de las que presentan vidrios semejantes que han permanecido enterrados en el suelo durante el mismo número de siglos. A diferencia de los primeros, en que el ataque se manifiesta por la formación de una costra opaca de color grisáceo, firmemente adherida a la superficie, los vidrios enterrados presentan una fuerte desalcalinización superficial como consecuencia de la cual se forman capas superficiales enriquecidas en sílice que muestran irisaciones más o menos intensas.

Para establecer los mecanismos de ataque químico se han realizado ensayos de simulación. Así se han podido reproducir aceleradamente muchos de los procesos de ataque químico que han sufrido las vidrieras a lo largo de los siglos; para ello se han utilizado vidrios originales (Newton y Fuchs 1988) o vidrios de la misma composición preparados a escala de laboratorio (Pérez y Jorba et al. 1984; Nauer y Kny 1977; Ferrazini 1976; Schreiner 1989).

### **Composición de las capas o costras de alteración**

Las costras o depósitos formados no aparecen uniformemente distribuidos sobre toda la superficie del vidrio, sino que se forman preferentemente en las zonas en que éste se halla más atacado (fisuras, grietas e interior de los cráteres). Ello hace pensar que son el resultado de una reacción secundaria de los agentes agresivos con los óxidos que han quedado sin extraer en las zonas atacadas. Los depósitos formados por efecto de la alteración están constituidos mayoritariamente por elementos extraídos del vidrio base, si bien en ciertos casos éstos pueden proceder de otros orígenes diferentes.

De acuerdo con su composición química estos depósitos son parcialmente solubles en agua, lo que en las operaciones de limpieza y restauración facilita su eliminación, si bien es necesario recurrir además a métodos mecánicos.

Los análisis químicos de estos depósitos (Geilman, Berthold y Tölg 1960) muestran que están constituidos mayoritariamente por sílice, en proporciones que pueden variar entre el 30% y el 50%; por  $\text{SO}_3$ , con contenidos variables de un 17% a un 28%;  $\text{CaO}$ , de un 9% a un 15%, y alrededor de un 10% de  $\text{K}_2\text{O}$ . Además de éstos, se pueden encontrar en proporciones minoritarias los restantes componentes del vidrio. Llama especialmente la atención el elevado porcentaje de agua que contienen, que entre la que se halla adsorbida y la que está estructuralmente unida al vidrio, puede alcanzar proporciones del 12–20%.

Estos componentes se encuentran en general formando diversas fases cristalinas. Las más frecuentemente encontradas son:

- Sílice hidratada,  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
- Sulfato cálcico dihidratado (yeso),  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Sulfato cálcico semihidratado (bassanita),  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$
- Sulfato doble de potasio y calcio (singenita),  $\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Sulfato doble de potasio y calcio (gorgeyita),  
 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Sulfato de potasio, magnesio y calcio (polihalita),  
 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Sulfato doble de potasio y plomo (palmierita),  $\text{K}_2\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$
- Sulfato magnésico (epsomita),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- Sulfato de bario (barita),  $\text{BaSO}_4$
- Sulfato de plomo (anglesita),  $\text{PbSO}_4$
- Sulfato de plomo, potasio y sodio (palmierita),  
 $(\text{Na}, \text{K})_2\text{SO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$
- Sulfato de hierro y potasio (jarosita),  $\text{K}_2(\text{Fe} \cdot 2\text{OH})_6(\text{SO}_4)_4$
- Carbonato cálcico (calcita),  $\text{CaCO}_3$
- Fosfato ácido de calcio,  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Hidroxifosfato de calcio (hidroxiapatito),  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$
- Oxalato cálcico,  $\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

La sílice hidratada es una fase amorfa que aparece en todos los vidrios como consecuencia del ataque hidrolítico, originando una capa superficial de espesor variable. La formación de este gel está tanto más favorecida cuanto mayor sea la acidez del medio.

La mayoría de las fases cristalinas depositadas son sulfatos. Dependiendo del porcentaje de óxidos alcalinos que contenga el vidrio, puede formarse sólo sulfato cálcico o sulfatos dobles. El caso más frecuente es el de la formación de sulfato cálcico dihidratado o yeso que llega a formar costras de varios milímetros de espesor. Esta es la especie que aparece predominantemente en los vidrios con contenidos totales de álcali inferiores al 16% (Pérez y Jorba et al. 1975).

La bassanita tiene el mismo origen que el yeso, del que sólo se diferencia por su menor contenido de agua de hidratación.

La singenita, que puede aparecer acompañada de fases cristalinas de sulfato cálcico, es un producto frecuente de alteración de los vidrios con altos contenidos de óxido de potasio (>16% en peso de  $\text{K}_2\text{O}$ ) (Pérez y Jorba et al. 1984; Pérez y Jorba et al. 1975). A pesar de la elevada proporción de óxido de potasio que contiene la mayoría de los vidrios medievales, nunca se ha detectado la presencia de sulfato potásico, lo que se explica por su elevada solubilidad.

La epsomita y la barita son sulfatos que se encuentran más raramente en los depósitos. Como la proporción de magnesio y de bario suele ser muy baja en los vidrios, difícilmente puede explicarse la formación de estas fases a partir de ellos. Su procedencia es independiente de la composición del vidrio y hay que atribuirla a otras contaminaciones (Gillies y Cox 1988b).

La anglesita y palmierita pueden aparecer en vidrios que contengan óxido de plomo. La palmierita forma parte de las costras de

muchos vidrios potásicos, aunque en la composición de éstos no intervenga el óxido de plomo o lo contengan en muy escasa proporción. Este elemento puede proceder de la grisalla o de las capas de pintura vitrificada aplicada como decoración sobre el vidrio.

El carbonato cálcico es otro componente frecuentemente encontrado en las costras, si bien su presencia no suele ser muy abundante. El hecho de que algunas veces aparezca depositado en la cara interna de las vidrieras significa que su presencia no siempre se debe a procesos de meteorización. En tales casos, Gillies y Cox (1988a) han atribuido su origen a la masilla empleada para sellar las juntas de los vidrios con las tiras de plomo. Por su parte, Pérez y Jorba et al. (1980) consideran que se debe al agua que, procedente de filtraciones, escurre por las paredes arrastrando sales cálcicas en disolución, que al secar deja tales depósitos calcáreos.

Pérez y Jorba et al. (1984) han detectado la existencia de fosfato ácido de calcio hidratado que por la semejanza de su estructura cristalográfica con la del yeso puede formar soluciones sólidas con éste sin modificar apreciablemente sus parámetros cristalinos. En presencia de carbonato cálcico y a temperaturas superiores a 40 °C, el fosfato ácido de calcio puede pasar a fosfato tricálcico y éste, a hidroxiapatito.

Más raramente se ha encontrado también oxalato cálcico cuya presencia ha sido atribuida a la alteración del carbonato por el ácido oxálico producido por microorganismos (Pérez y Jorba et al. 1980).

Como caso particular hay que citar la presencia ocasional de algunas fases cristalinas de la sílice, como  $\alpha$ -cuarzo y  $\alpha$ -cristobalita (Pérez y Jorba et al. 1975).

### **Representación de los vidrios según su resistencia química**

Para poder predecir el comportamiento químico de vidrios de diferente composición se han propuesto distintos sistemas de representación.

Bettembourg (1976) adopta un criterio basado en la representación de la relación entre los porcentajes atómicos "Si"/"R<sub>2</sub>" (siendo "Si" la suma de los porcentajes atómicos de los iones formadores y "R<sub>2</sub>" la de los iones alcalinos) en función del porcentaje atómico de "R<sub>2</sub>". Este autor clasifica los vidrios según la tabla siguiente:

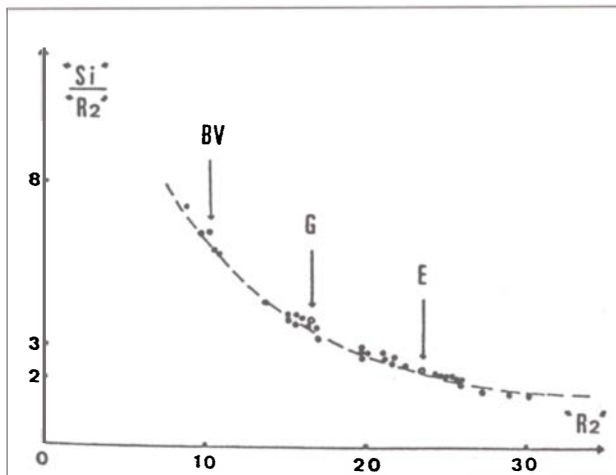
*Tabla 2* Clasificación de los vidrios medievales atendiendo a su durabilidad química (según Bettembourg 1976).

	SI/R <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>
Estables	> 3	< 20%
Alterados por picaduras	2,5 a 3	20% a 23%
Alterados uniformemente	< 2	> 24%

Así obtiene para los vidrios potásicos la representación de la Figura 3.

Figura 3

Representación gráfica de la relación "Si"/"R<sub>1</sub>" en función de "R<sub>2</sub>", según Bettembourg (1976).

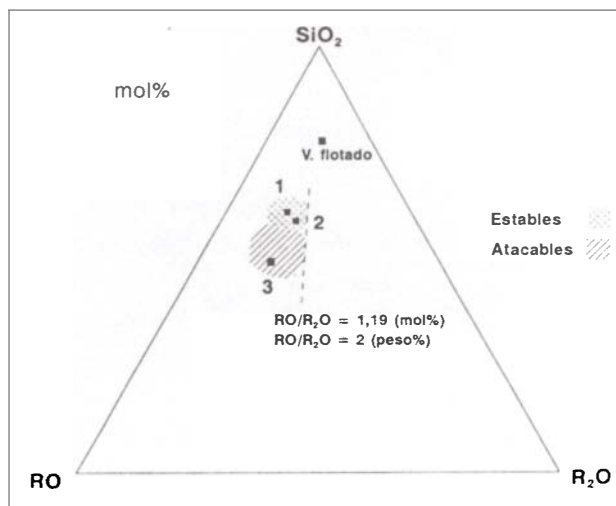


Los vidrios de mayor durabilidad son los que quedan situados en la parte más alta a la izquierda de la curva y los más atacables, a la derecha y en la parte más baja.

La representación más común es la que se basa en un diagrama triangular, en cuyos vértices se agrupa la suma de cada uno de los tres tipos de componentes expresados en porcentajes molares, como han propuesto Iliffe y Newton (1976). Los vidrios más atacables son aquellos cuyas composiciones se hallan más alejadas del vértice SiO<sub>2</sub> y más próximas al vértice R<sub>2</sub>O (Figura 4).

Figura 4

Diagrama ternario de composiciones en el sistema general R<sub>2</sub>O-RO-SiO<sub>2</sub>. La línea vertical de trazos representa la relación molar RO/R<sub>2</sub>O = 1,19 (equivalente a la relación 2 en peso %). Los puntos marcados con los números 1, 2 y 3 corresponden a los valores de las relaciones "Si"/"R<sub>2</sub>" iguales a 3; 2, 5 y 2 indicadas por Bettembourg (1976).



Si bien las predicciones de ambos sistemas de representación son ciertas (pues cuanto menor sea la proporción de SiO<sub>2</sub> y mayor la de R<sub>2</sub>O, más atacable es el vidrio), resultan incompletas y sólo tienen un valor orientativo, pues ninguna de las dos establece diferencias cualitativas entre el tipo de iones alcalinos (sodio o potasio)—ya que ambos están englobados en un mismo término—y por otra parte, la de Bettembourg

(1976) no tiene en cuenta el porcentaje de iones estabilizantes RO, los cuales juegan un papel tan importante en la estabilidad química del vidrio, como su nombre indica.

Cox et al. (1979) y Gillies y Cox (1988a) representan el porcentaje molar total de óxidos RO en función del porcentaje de óxidos  $R_2O$ .

Posteriormente Newton y Paul (1980) han tomado como criterio para predecir la estabilidad química de los vidrios el valor de su energía libre de hidratación calculada a partir de los porcentajes molares de sus óxidos componentes, y han demostrado que existe una buena concordancia entre estos valores y el logaritmo de la cantidad de álcali extraído. Este criterio fue aplicado posteriormente con éxito por Newton y Fuchs (1988) para establecer una concordante correlación entre el grado de ataque de vidrios de la Catedral de York procedentes de distintas épocas y su composición. Los vidrios más atacados eran los correspondientes al siglo XII, que presentaban un valor considerablemente más negativo de su energía libre de hidratación que los que databan del siglo XV, que se hallaban mucho mejor conservados.

---

## Técnicas para el estudio de las vidrieras y sus alteraciones

El estudio químico de las vidrieras y de sus alteraciones requiere generalmente el concurso de varias técnicas de caracterización. En primer lugar debe inspeccionarse su estado de conservación, observando microscópicamente los posibles defectos superficiales existentes (grietas, picaduras, manchas) y los depósitos formados. Esta observación preliminar debe ir seguida de un análisis químico tanto de la masa del vidrio como de su superficie, con el fin de poder establecer las diferencias de composición entre ambas y el grado de alteración sufrido. Una buena información complementaria sobre la profundidad del ataque y la extracción selectiva de los distintos componentes la proporciona un perfil de concentración. Es obvio señalar que, siempre que sea posible, deben emplearse métodos analíticos no destructivos.

En algunos casos es interesante recurrir no sólo a métodos analíticos, sino también al uso de otras técnicas para el estudio de determinadas propiedades físicas del vidrio.

A continuación se especifican algunas de las técnicas más comúnmente empleadas para el estudio de las vidrieras:

### Técnicas de observación

- Microscopia de luz ordinaria
- Microscopia electrónica de barrido
- Microscopia electrónica de transmisión

### Técnicas analíticas

- Métodos químicos
  - Análisis convencional por vía húmeda
  - Espectrometría de absorción atómica (AAS)
  - Espectrometría de emisión atómica de plasma generado por inducción (ICP)



- Métodos físicos
  - Determinación de isótopos
  - Análisis por reacción nuclear
  - Análisis por activación de neutrones
  - Difracción de rayos x
  - Espectrometría de fluorescencia de rayos x
  - Espectrometría de fluorescencia de rayos x por dispersión de energías
  - Microsonda electrónica
  - Espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS)
  - Espectroscopia (UV, VIS, IR, ESR, Mössbauer)
  - Espectroscopia de Fotoelectrones (XPS) y Electrones Auger (AES)
  
- Técnicas para el estudio de las propiedades
  - Densidad
  - Índice de Refracción
  - Coeficiente de Dilatación

## Técnicas de observación

### Microscopia de luz ordinaria

La observación por microscopia ordinaria proporciona una información general sobre el estado de conservación del vidrio y de la grisalla, sobre la posible existencia de capas coloreadas y sobre la presencia de heterogeneidades y defectos, tales como cuerdas, burbujas, infundidos, desvitrificaciones, etc. Asimismo, empleando luz polarizada y un compensador óptico, se puede apreciar si existen tensiones en el vidrio y determinar cuantitativamente el valor de éstas.

### Microscopia electrónica de barrido

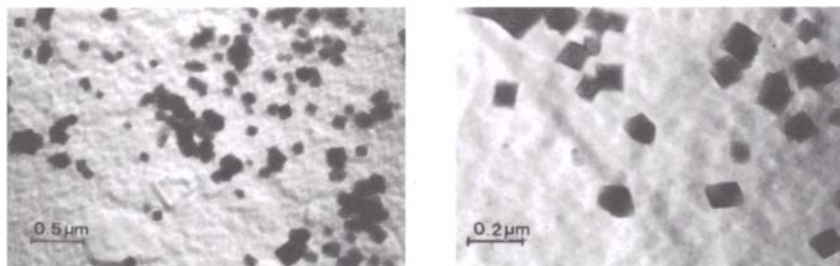
La microscopia electrónica de barrido (SEM) es una de las técnicas más comúnmente empleada en el estudio de vidrieras (Schreiner 1988a; Müller et al. 1986; Gillies y Cox 1988a; Nauer y Kny 1977; Collongues, Pérez y Jorba, y Tilloca 1976; Pérez y Jorba et al. 1975), ya que permite observar mucho más profundamente el estado de la superficie y apreciar la existencia de fisuras, cráteres y su morfología, así como las superficies de fractura. Estas lesiones, inapreciables a simple vista, son del orden de unas 50  $\mu\text{m}$  de diámetro. En general se aprecia que los productos de corrosión se depositan preferentemente junto a las lesiones mecánicas del vidrio y en el fondo de los cráteres. La observación visual se complementa con la información que proporciona el microanálisis químico por dispersión de energía de rayos X que permite comparar las diferencias de composición entre las distintas zonas. La limitación de esta técnica es que la profundidad de penetración del haz electrónico es de unos pocos micrómetros.

### Microscopia electrónica de transmisión

No es ésta una técnica frecuentemente utilizada en el estudio de vidrieras. Sin embargo, puede recurrirse a ella para observar y caracterizar microcristales y coloides que se hallen dispersos en el vidrio y que no son fáciles de apreciar por microscopia de barrido. A título de ejemplo la Figura 5 muestra una micrografía obtenida a partir de una réplica de la superficie de un vidrio rojo rubí de cobre de la Catedral de Toledo (Fernández Navarro y La Iglesia 1994).

Figura 5

Micrografías electrónicas de transmisión de un vidrio rojo de cobre procedente de la Catedral de Toledo. Pueden verse numerosos cristales cúbicos de  $\text{Cu}_2\text{O}$  o de  $\text{CuO}$ .



## Técnicas analíticas

### Métodos químicos

Análisis convencional por vía húmeda. En primer lugar hay que citar los métodos tradicionales de análisis químico convencional por vía húmeda. Su aplicación requiere la toma de una pequeña cantidad de muestra, su pulverización, disgregación y puesta en solución, y la ulterior determinación volumétrica, gravimétrica o colorimétrica de sus componentes. De los distintos disgregantes que pueden emplearse para solubilizar la muestra se recomienda una mezcla de ácidos fluorhídrico y perclórico.

**Espectrometría de absorción atómica y espectrometría de emisión atómica de plasma generado por inducción.** Una vez disuelta la muestra, sus componentes pueden determinarse también por distintas técnicas instrumentales, entre las cuales las más empleadas en la actualidad son la espectrometría de absorción atómica (AAS) y la espectrometría de emisión atómica por excitación de plasma acoplado inductivamente (ICP) (Schreiner 1988a). La primera se basa en la determinación de las radiaciones específicas absorbidas por los átomos de cada elemento en fase de vapor. Ha sido y sigue siendo una de las técnicas de análisis más utilizadas (Bettembourg 1972; Gillies y Cox 1988a), sobre todo para la determinación de iones colorantes presentes en bajas concentraciones. En la segunda los átomos de la muestra son llevados hasta un nivel superior de excitación y se mide la energía que emiten cuando vuelven a pasar a su estado fundamental.

### Métodos físicos

**Determinación de isótopos.** Es ésta una técnica poco común, pero de gran utilidad arqueológica para el estudio y clasificación de vidrios

antiguos. La determinación de la proporción de isótopos de oxígeno permite diferenciar vidrios de composición química muy parecida preparados a partir de materias primas diferentes.

Mediante la determinación de isótopos de plomo y de oxígeno, Brill (1972b) ha podido identificar distintos orígenes geográficos de las materias primas empleadas y establecer así diferencias entre vidrieras inglesas y otras vidrieras europeas continentales.

Análisis por reacción nuclear (NRA). El principal interés de esta técnica reside en que, lo mismo que la espectrometría de masas de iones secundarios, y a diferencia de otros procedimientos para el estudio de superficies, permite determinar cuantitativamente la penetración de iones hidrógeno en el vidrio. Esta particularidad la hace especialmente útil para estudiar los procesos de corrosión de vidrios antiguos. Se hace uso de una reacción nuclear resonante que produce la emisión de rayos gamma de una energía determinada, cuya intensidad es proporcional a la concentración de hidrógeno. Tiene una resolución en profundidad en la superficie de unos 8 nm, pero disminuye a medida que aumenta la profundidad. Schreiner y colegas (Schreiner 1988b; Schreiner, Grasserbauer y March 1988) han empleado esta técnica conjuntamente con la espectrometría de masas de iones secundarios para la obtención de perfiles de hidrógeno en vidrieras medievales.

Análisis por activación de neutrones. Es un método no destructivo muy sensible que permite la determinación de elementos traza. Por ambas razones se utiliza para la caracterización de vidrios antiguos (Sayre 1965). Se basa en la irradiación de la muestra mediante un haz de neutrones, los cuales, al interactuar con los elementos que la componen, producen una transmutación parcial de éstos y la formación de radioisótopos. Por efecto de la radiactividad inducida se genera la emisión de partículas; a partir de la naturaleza de éstas y de su intensidad se determina la naturaleza y la concentración de los núcleos atómicos excitados. Por este procedimiento se pueden caracterizar impurezas y así establecer diferencias entre las materias primas empleadas y el origen de las mismas.

Difracción de rayos X. El uso de esta técnica se reserva para la identificación de fases cristalinas. Por esta razón resulta de enorme utilidad para el estudio de la mayoría de los depósitos o costras descritos (Gillies y Cox 1988a). Para ello se muele finamente el material extraído, se homogeneiza y se obtiene un diagrama de polvo. El uso de esta técnica de identificación no excluye el análisis químico.

Espectrometría de fluorescencia de rayos X. Esta es una de las técnicas físicas de análisis más comúnmente empleada (Cox y Pollard 1981; Gillies y Cox 1988a; Lahanier 1972; Cox y Pollard 1977; Hregelich et al. 1978), ya que a la ventaja de ser no destructiva une la de su comodidad y rapidez. Existen además pequeños equipos compactos portátiles que permiten realizar determinaciones *in situ*.

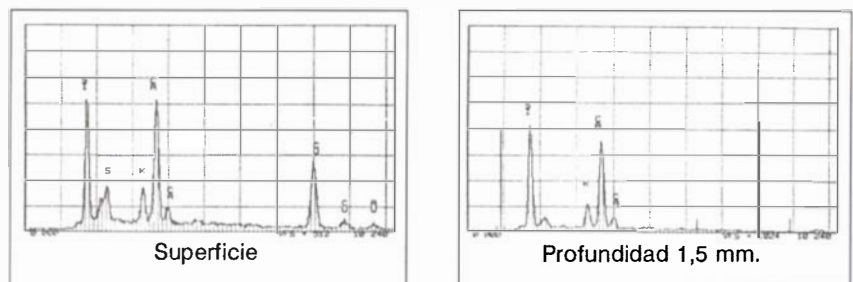
Este procedimiento se basa en la obtención del espectro de radiación X secundaria o radiación de fluorescencia emitida por los elementos de la muestra cuando éstos son excitados por fotones de rayos X

dirigidos sobre ella. La radiación secundaria característica de cada elemento es analizada por un cristal que actúa como una red de difracción y cuantificada por un detector.

La determinación se lleva a cabo sobre una pequeña superficie de la muestra, sobre la que se dirige un haz de rayos X de 1 mm de diámetro y se miden las intensidades características de las líneas  $K_{\alpha}$  emitidas por cada uno de los elementos a analizar. En cuanto a la ventaja que ofrece esta técnica de suministrar específicamente los datos analíticos relativos a la superficie, puede convertirse en un inconveniente si ésta no se prepara antes correctamente pues, de lo contrario, pueden obtenerse datos erróneos o llegar a conclusiones equivocadas (Cox y Pollard 1977). Si se desea realizar un análisis medio del material, se toma una muestra media, bien homogeneizada, de unos 200 mg. Este procedimiento analítico tiene la limitación de no permitir la determinación de elementos ligeros de número atómico inferior a 10.

Espectrometría de rayos X por dispersión de energías. Esta técnica (Schreiner 1988a; Müller et al. 1986), utilizada conjuntamente con la microscopía electrónica de barrido, constituye una variante de la espectrometría de fluorescencia de rayos X. Se basa en el mismo fundamento que ésta, con la diferencia de que el espectro de emisión secundaria de rayos X se descompone y analiza en función de la diferencia de energías. Así se pueden hacer análisis químicos puntuales o en áreas más o menos reducidas, y establecer variaciones locales de composición o perfiles de concentración en secciones de una muestra. Hay que advertir que, como la profundidad de penetración del haz es de algunos micrómetros, no es posible discriminar diferencias de composición en capas de espesor nanométrico. Mediante el empleo de esta técnica Fernández Navarro y La Iglesia (1994) y Schreiner, Stinger y Grasserbauer (1984) han puesto de manifiesto las diferencias de composición existentes entre la superficie de la muestra y el interior de la misma (Figura 6).

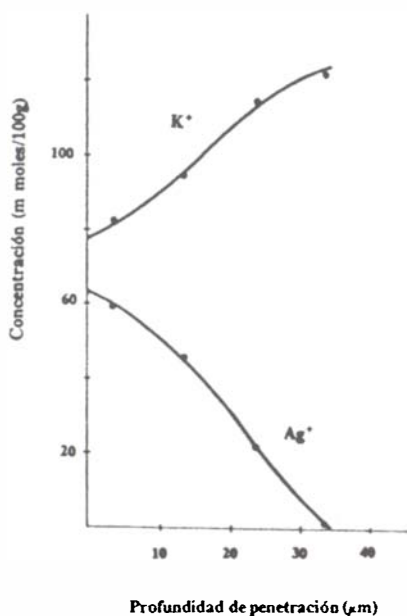
Figura 6  
Espectros de rayos X por dispersión de energías de la superficie y de la masa de un vidrio rojo de cobre de la Catedral de Toledo.



Asimismo permite determinar los perfiles de concentración en capas sometidas a procesos de intercambio iónico y estudiar así los mecanismos de coloración superficial. La Figura 7 muestra los perfiles de concentración de plata y potasio de un vidrio amarillo de la Catedral de Toledo (Fernández Navarro y La Iglesia 1994).

Figura 7

Perfil de concentración de iones  $\text{Ag}^+$  y  $\text{K}^+$  en un vidrio amarillo de la Catedral de Toledo. Puede apreciarse la correspondencia equimolar que existe entre los iones  $\text{K}^+$  extraídos y los iones  $\text{Ag}^+$  introducidos.



Microsonda electrónica. En esta técnica la excitación se produce por irradiación de la muestra con un haz muy delgado de electrones que puede colimarse y focalizarse con gran precisión en un área muy reducida de tan sólo  $1 \mu\text{m}$ . El espectro de rayos X primarios emitidos se analiza mediante espectrómetros de dispersión de energías o de dispersión de longitudes de onda. De esta manera se puede realizar un microanálisis químico cuantitativo de zonas puntuales, así como de impurezas, inclusiones y defectos microscópicos. Es un método muy comúnmente empleado (Hregelich, Profilo y Veritá 1979; Collongues, Pérez y Jorba, y Tilloca 1976; Hregelich et al. 1978; Brill y Moll 1962) ya que es no destructivo y sólo requiere cantidades muy pequeñas de muestra. Otra interesante posibilidad que ofrece esta técnica es la de permitir medir directamente gradientes de concentración, lo que resulta del mayor interés en la determinación de perfiles de difusión, por ejemplo, para estudiar la profundidad de ataques químicos y los cambios de composición inherentes a ellos, capas coloreadas producidas por cambio iónico, etc. Puesto que también se trata de un análisis superficial con una escasa profundidad de penetración, del orden de  $1 \mu\text{m}$ , se requiere, lo mismo que en el caso anterior, preparar adecuadamente la superficie de la muestra (Clark, Hench y Acree 1975); en unos casos, puliéndola para eliminar los depósitos acumulados, cuando se desee obtener información del vidrio base y, en otros, contrariamente, manteniéndola inalterada cuando se quiera conocer la capa de alteración. Esta técnica presenta igualmente limitaciones para analizar elementos ligeros. Por otra parte hay que señalar que, en los vidrios que contienen iones alcalinos, la intensidad de la radiación X emitida varía en función del tiempo, si el haz de electrones permanece estacionario sobre la muestra de vidrio (Clark, Hench y Acree 1975; Vassamillet y Caldwell 1969). Para evitar este inconveniente es necesario estabilizar dicha intensidad.

Espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS). La técnica de SIMS ha sido ampliamente utilizada para estudios de corrosión de vidrios en general (Schreiner 1988a; Fernández Navarro 1991; Gossink, Grefte y Werner 1979; Smets y Lommen 1982, 1981; Richter et al. 1984; Pantano 1981) y de vidrieras antiguas (Schreiner 1988b; Schreiner, Stinger y Grasserbauer 1984). Consiste en la detección por espectrometría de masas de los iones de baja energía que son arrancados de la muestra cuando es irradiada por un haz de iones primarios. Las principales ventajas de esta técnica sobre otras son la de tener una mayor resolución en profundidades de un micrómetro y la de poder determinar el hidrógeno. Lo mismo que en las observaciones por microscopía electrónica de barrido, la superficie de las muestras a estudiar hay que recubrirla con una delgada película conductora para evitar la formación de cargas superficiales. Para ello se recurre generalmente a depositar en vacío una capa de oro de 50 a 80 nm (Schreiner 1988b).

Los espectros que se obtienen muestran la variación de la intensidad de los iones secundarios en función del tiempo de análisis. Aplicando a los valores analíticos los factores de sensibilidad relativa se puede obtener la variación de la concentración en función de la

profundidad; es decir, perfiles de concentración. Schreiner y colegas han empleado esta técnica para caracterizar las capas de corrosión en vidrieras antiguas (Schreiner, Stinger y Grasserbauer 1984) y en vidrios de la misma composición sometidos a ataques en condiciones de simulación (Schreiner 1989). En ambos casos han comprobado que se forma una capa lixiviada de aproximadamente 1,5  $\mu\text{m}$  de espesor y una capa superficial mucho más delgada. Asimismo han obtenido los perfiles de concentración de todos los componentes en ambas capas.

Espectroscopia ultravioleta (UV), visible (VIS), infrarroja (IR), de resonancia de espín electrónico (ESR) y Mössbauer. La espectroscopia UV y VIS está especialmente indicada para determinar la naturaleza de los iones colorantes presentes y su estado de oxidación. Esta información puede complementarse en algunos casos con la que proporcionan los espectros ESR.

Para la determinación del hierro, manganeso y estaño en sus distintos estados de oxidación y de su índice de coordinación es recomendable la espectroscopia Mössbauer. Esta técnica ha sido empleada por Müller et al. (1986) para estudiar los cambios redox producidos en los iones de hierro y manganeso en vidrieras.

Especialmente interesantes son los espectros de absorción infrarroja obtenidos tanto a partir de las propias láminas de vidrio como de las capas desprendidas de éstas, ya que proporcionan una buena información acerca de su grado de hidratación.

El material no cristalino extraído de los depósitos formados superficialmente también puede estudiarse por espectroscopia infrarroja de absorción mediante la técnica de pastillas de KBr (Gillies y Cox 1988a).

Espectroscopia de fotoelectrones (EPS) y electrones Auger (AES). Ambas técnicas ofrecen la posibilidad de realizar análisis superficiales y estudiar de forma muy sensible variaciones de composición en espesores muy delgados. La espectroscopia XPS o ESCA permite detectar y analizar los fotoelectrones emitidos por los átomos de una capa muy delgada de pocos angströms de espesor cuando se bombardea con rayos X blandos. Así se obtiene un espectro de energía de los electrones correspondientes a los diferentes niveles atómicos característicos de cada elemento y es posible identificar éstos. Las intensidades de los picos resultantes son proporcionales a la concentración de cada elemento en la capa analizada. A diferencia de otras técnicas, la de XPS permite diferenciar entre oxígenos puente y oxígenos no puente. Por otra parte, debido a que analiza capas muy delgadas, puede detectar los cambios de composición superficial producidos desde los primeros instantes del ataque químico (Smets y Lommen 1981; Escard y Brion 1975).

La espectroscopia (AES) se basa en el mismo fundamento que la espectroscopia XPS, es decir, en la ionización de un nivel electrónico interno. La diferencia entre ambas radica en que en esta última la radiación producida por la transición electrónica en el átomo excitado no es emitida fuera de él, sino que es absorbida y empleada en la emisión de otro electrón. Estos electrones son conocidos como electrones Auger. Esta

técnica ha sido empleada para la caracterización superficial de vidrios (Clark, Pantano y Hench 1976).

### Técnicas para el estudio de las propiedades

Los métodos analíticos anteriormente descritos proporcionan una información diversa sobre la composición química de los vidrios y sus capas de alteración. Sin embargo, en ocasiones y con fines comparativos, basta caracterizar las muestras determinando algunas de sus propiedades. En general se recurre a la realización de medidas muy precisas, como la de la densidad y el índice de refracción que, al mismo tiempo, son parámetros muy sensibles que permiten detectar pequeñas diferencias de composición. De las curvas dilatométricas se pueden obtener varios datos de interés; su determinación con los modernos equipos de medida no requiere más que una pequeña cantidad de muestra.

### Citas

- 1972 **Bettembourg, J. M.**  
Etude de verres bleus de vitraux. Analyse par spectrometrie d'absorption atomique. En *9th International Congress on Glass, Versailles, France*, 1971. París: Institut du verre.
- 1976 **Composicion et alteration des verres de vitraux anciens.** *Verres et Réfract.* 30:36-2.
- 1972a **Brill, R. H.**  
A request for help in the conservation of early stained glass windows. En *9th International Congress on Glass, Versailles, France*, 1971. París: Institut du verre.
- 1972b **Scientific investigations of early stained glasses.** En *9th International Congress on Glass, Versailles, France*, 1971. París: Institut du verre.
- 1962 **Brill, R. H., y S. Moll**  
The electron beam probe microanalysis of ancient glass. En *6th International Congress on Glass, Washington, D.C., 1962*, 293-302. Coburg, Alemania: Verlag des Sprechsaal.
- 1933 **Chesnau, M. G.**  
Contribution à l'étude de la technique de vitraux du Moyen Age. *Bull. Soc. d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* 132:622.
- 1976 **Clark, A. E., C. G. Pantano, y L. L. Hench**  
Auger spectroscopic analysis of bioglass corrosion films. *J. Amer. Ceram. Soc.* 59:37-39.
- 1975 **Clark, D. E., L. L. Hench, y W. A. Acree**  
Electron microprobe analysis of Na<sub>2</sub>O-CaO-SiO<sub>2</sub> glass. *J. Amer. Ceram. Soc.* 58:531-32.
- 1976 **Collongues, R., M. Pérez y Jorba, y G. Tilloca**  
Nouveaux aspects du phénomène de corrosion des vitraux anciens des églises françaises. *Verres Réfract.* 30:43-55
- 1979 **Cox, G. A., O. S. Heavens, R. G. Newton, y A. M. Pollard**  
A study of the weathering behavior of medieval glass from York Minster. *J. Glass Stud.* 21:54-75.

- Cox, G. A., y A. M. Pollard**  
1977 X-ray fluorescence analysis of ancient glasses: The importance of sample preparation. *Archaeometry* 19:45–54.
- 1981 The multivariate analysis of data relating to the durability of medieval window glass. *Rev. Archeom.* 5:119–28.
- Douglas, R. W., y M. A. Isard**  
1949 The action of water and of sulphur dioxide on glass surfaces. *J. Soc. Glass Technol.* 33:289–335.
- Durán, A., y J. M. Fernández Navarro**  
1983 Coloring mechanism in copper ruby glasses. *Glastech. Ber.* 56 K.(Band 1):614–19.
- El-Shamy, T. M., J. Lewins, y R. W. Douglas**  
1972 The dependence on the pH of the decomposition of glasses by aqueous solutions. *Glass Technol.* 13:81–87.
- Escard, J. H., y D. J. Brion**  
1975 Study of composition of leached glass surfaces by photoelectron spectroscopy. *J. Am. Ceram. Soc.* 58:296–99.
- Fernández Navarro, J. M.**  
1988 Ataque de la superficie de un vidrio sódico-cálcico. Informe para una empresa privada.  
1991 *El vidrio*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Fernández Navarro, J. M., y A. La Iglesia**  
1994 Estudio de la coloración roja y amarilla de dos vidrios de la Catedral de Toledo. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vid.* 33:333–36.
- Ferrazini, J. C.**  
1976 L'influence de la corrosion sur la vitesse de décomposition des verres du Moyen Age. *Verres Réfract.* 30:26–29.
- Geilmann, W.**  
1962 Beiträge zur Kenntnis alter Gläser. VII: Kobalt als Färbungsmittel. *Glastech. Ber.* 35:186–91.
- Geilman, W., H. J. Berthold, y G. Tölg**  
1960 Beiträge zur Kenntnis alter Gläser. V: Die Verwitterungsprodukte auf Fensterscheiben. *Glastech. Ber.* 33:213–19.
- Geilmann, W., y T. Brückbauer**  
1954 Beiträge zur Kenntnis alter Gläser. II: Der Mangengehalt alter Gläser. *Glastech. Ber.* 27:456–59.
- Geilmann, W., y H. Jenemann**  
1953 Der Phosphatgehalt alter Gläser und seine Bedeutung für die Geschichte der Schmelztechnik. *Glastech. Ber.* 26:259–63.
- Gillies, K. J. S., y A. Cox**  
1988a Decay of medieval stained glass at York, Canterbury and Carlisle. Part 1. Composition of the glass and its weathering products. *Glastech. Ber.* 61:75–84.  
1988b Decay of medieval stained glass. Part. 2. Relationship between the composition of the glass, its durability and the weathering products. *Glastech. Ber.* 61:101–7.



- 1979 **Gossink, R. G., H. A. M. Grefte, y H. W. Werner**  
SIMS analysis of aqueous corrosion in soda-lime-silica glass. *J. Amer. Ceram. Soc.* 62:4-9.
- 1978 **Hregelich, S., B. F. Geotti, F. Nicoletti, P. Polato, y M. Verità**  
Lamicrosonda a raggi X e le sue applicazioni al vetro e ai materiali ceramici. *Riv. Staz. Sper. Vetro* 8:145-55.
- 1979 **Hregelich, S., B. Profilo, y M. Verità**  
Studio della corrosione e colorazione dei vetri pottassici della vetrata della Chiesa dei Giovanni e Paolo a Venezia per mezzo della microsonda elettronica. *Riv. Stn. Sper. Vetro* 9:53-61.
- 1976 **Iliffe, C. J., y R. G. Newton**  
Using triangular diagrams to understand the behaviour of medieval glasses. *Verres et Réfract.* 30:30-34.
- 1960 **Kühne, H.**  
Beitrag zur Kenntnis mittelalterlicher Gläser. *Silikattechn* 11:260-62.
- 1972 **Lahanier, C.**  
Analyse de verres de vitraux par spectrometrie de fluorescence X. En *9th International Congress on Glass, Versailles, France, 1971*. Paris: Institut du verre.
- 1992 **Müller, W.**  
Corrosion phenomena of medieval stained glasses. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vid.* 31-C 1:219-39.
- 1989 **Müller, W., A. Fischer, y E. Drachenberg**  
Datierung von Scherbenfunden mittelalterlicher Glasmalerei. *Silikattechn* 40:292-95.
- 1986 **Müller, W., H. Pouillon, G. Bochinek, y H. Mehner**  
Extreme Dunkelung von Glasmalereien. *Glastech. Ber.* 59:96-102.
- 1994 **Müller, W., M. Torge, y K. Adam**  
Ratio of  $\text{CaO}/\text{K}_2\text{O} > 2$  as evidence of a special Rhenish type of medieval stained glass. *Glastech. Ber.* 67:45-48.
- 1977 **Nauer, G., y E. Kny**  
Korrosionsphänomene alter Gläser; ihre Untersuchung mittels Rasterelektronenmikroskopie. *Beitr. Elektronenmik. Direktabb. Oberfl.* 10:333-40.
- 1985 **Newton, R. G.**  
The durability of glass. A review. *Glass Technol.* 26:21-38.
- 1988 **Newton, R. G., y D. Fuchs**  
Chemical compositions and weathering of some medieval glasses from York Minster. Pt. 1. *Glass Technol.* 29:43-48.
- 1980 **Newton, R. G., y A. Paul**  
A new approach to predicting the durability of glasses from their chemical composition. *Glass Technol.* 21:307-9.
- 1981 **Pantano, C. G.**  
Surface and in-depth analysis of glass and ceramics. *Bull. Amer. Ceram. Soc.* 60:1154-67.
- 1980 **Pérez y Jorba, M., J. P. Dallas, C. Bauer, C. Bahezre, y J. C. Martin**  
Deterioration of stained glass by atmospheric corrosion and microorganisms. *J. Mat. Sci.* 15:1640-47.

- 1978 Pérez y Jorba, M., J. P. Dallas, R. Collongues, C. Bahezre, y J. C. Martin  
Etude de l'altération des vitraux anciens par microscopie électronique à balayage et microsonde. *Silicates Industr.* 43:89–99.
- 1984 La corrosion atmosphérique d'un verre du Moyen-Age. Rôle du phosphore dans le mécanisme d'altération. *Riv. Stn. Sper. Vetro* 14:121–30.
- 1975 Pérez y Jorba, M, G. Tilloca, D. Michel, y J. P. Dallas  
Quelques aspects du phénomène de corrosion des vitraux anciens des églises françaises. *Verres et Réfract.* 29:53–63.
- 1984 Richter, T., G. H. Frischat, G. Borchardt, S. Scherrer, y S. Weber  
SIMS analysis of a leached soda-lime glass. *Riv. Stn. Sper. Vetro* 14:105–9.
- 1965 Sayre, E. V.  
Refinement in methods of neutron activation analysis of ancient glass objects through the use of lithium drifted germanium diode counters. En *Proceedings of 7th International Congress on Glass, Bruxelles, 1965*, 220.1–220.9. Charleroi, Bélgica: Institute National du Verre.
- 1988a Schreiner, M.  
Deterioration of stained medieval glass by atmospheric attack. Pt. 1: Scanning electron microscopic investigations of the weathering phenomena. *Glastech. Ber.* 61:197–204.
- 1988b Deterioration of stained medieval glass by atmospheric attack. Pt. 2. Secondary ion mass spectrometry analysis of the naturally weathered glass surfaces. *Glastech. Ber.* 61:223–30.
- 1989 Secondary ion mass spectrometer analysis of potash-lime-silica glasses leached in hydrochloric and sulfuric acids. *J. Amer. Ceram. Soc.* 72:1713–15.
- 1988 Schreiner, M., M. Grasserbauer, y P. March  
Quantitative NRA and SIMS depth profiling of hydrogen in naturally weathered medieval glass. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 331:428–32.
- 1984 Schreiner, M., G. Stingeder, y M. Grasserbauer  
Quantitative characterization of surface layers on corroded medieval window glass with SIMS. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 319:600–5.
- 1979 Sellner, C., H. J. Oel, y B. Camara  
Untersuchung alter Gläser (Waldglas) auf Zusammenhang von Zusammensetzung, Farbe und Schmelzatmosfera mit der Elektronenmikroskopie und der Elektronenspinresonanz (ESR). *Glastech. Ber.* 52:255–64.
- 1981 Smets, B. M. J., y T. P. A. Lommen  
SIMS and XPS investigation of the leaching of glasses. *Verres et Réfract.* 35:84–90.
- 1982 The leaching of sodium aluminosilicate glasses studied by secondary ion mass spectrometry. *Phys. Chem. Glasses* 23:83–87.
- 1976 Spitzer-Aronson, M.  
Contribution à la connaissance des vitraux du Moyen Age. Insuffisance de la diffusion pour expliquer la non concordance stricte entre la présence de cuivre et la couleur à l'intérieur des verres des vitraux rouges. *Verres Réfract.* 30:56–61.
- 1847 Theophilus, P.  
*De diversis artibus* (traducción inglesa). Londres: Robert Hendrie.

- Vassamillet, L. F., y V. E. Caldwell  
1969 Electron-probe microanalysis of alkali metals in glasses. *J. Appl. Phys.* 40:1637-43.
- Vassas, C. D.  
1972a Etude chimique, thermographique et physique de verres de vitraux du Moyen Age. En *9th International Congress on Glass, Versailles, France, 1971*. Paris: Institut du verre.
- 1972b Etude colorimetrique de verres de vitraux du Moyen Age. En *9th International Congress on Glass, Versailles, France, 1971*. Paris: Institut du verre.

# Composición química de algunos vidrios de la Catedral de León

Robert H. Brill

ESTE ARTÍCULO REFLEJA los resultados de los análisis químicos cuantitativos de veintitrés muestras de vidrios de las vidrieras del claristorio de la Catedral de León. Los análisis forman parte de un programa dirigido por un equipo de restauradores españoles. Las muestras fueron entregadas al autor a través del Instituto Getty de Conservación, el cual colaboró en el trabajo. Los análisis se realizaron con la esperanza de que sirvieran de ayuda en el asesoramiento de tratamientos de conservación y que arrojaran alguna luz a las relaciones entre el vidrio de León y otros vidrios medievales. El Dr. Steven Weintraub colaboró en la primera fase de esta investigación y fue coautor de la publicación en la que se informaba sobre los primeros hallazgos (Brill y Weintraub 1992).

---

## Hallazgos sobre los vidrios de León

Las muestras se describen más adelante con datos proporcionados por Dieter Goldkuhle, quien realizó minuciosos exámenes de las vidrieras *in situ*. El fue quien recogió las muestras. Los análisis fueron realizados combinando ICP y espectrografía de emisión semicuantitativa<sup>1</sup>. Para la calibración se utilizaron vidrios modelo de referencia A, B, C y D procedentes del Corning Museum of Glass (Brill 1965, 1972a). En las Figuras 1–6 se muestran los pares de óxidos seleccionados. Los datos quedan expuestos en la Tabla 1 y están resumidos en la Tabla 2.

Los vidrios de León se pueden clasificar en tres tipos químicos que aquí son designados como I–III. Los vidrios del Tipo III que datan probablemente del siglo XV según las atribuciones de Goldkuhle en 1986, aún no publicadas, son claramente diferentes a los del Tipo I y II. Los tipos más tardíos se parecen químicamente entre sí aunque, como puede verse en los gráficos, no son idénticos. Goldkuhle afirma que los vidrios del Tipo I y II son en realidad piezas de vidrio del siglo XIII incorporadas a vitrales más tardíos durante los trabajos de restauración de 1896–1900. Las clasificaciones químicas confirman sus atribuciones, que en parte se basan en los tipos de deterioro observados. Goldkuhle ha señalado que los hallazgos químicos apoyan la impresión visual de que las vidrieras del claristorio son un pastiche de fragmentos provenientes de diversas fuentes de la catedral.

Figura 1  
Vidrios pintados de León. Grupos de K<sub>2</sub>O vs. CaO\*.

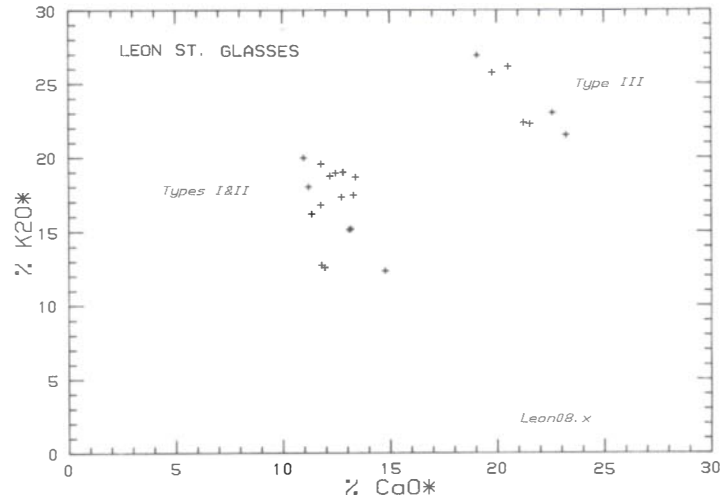


Figura 2  
Vidrios pintados de León. Na<sub>2</sub>O\* vs. MgO\*.

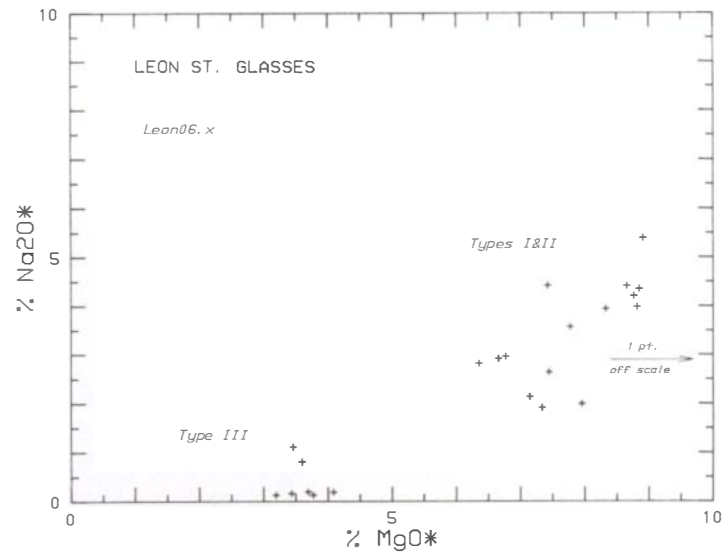


Figura 3  
Vidrios pintados de León. MgO\* vs. K<sub>2</sub>O\*.

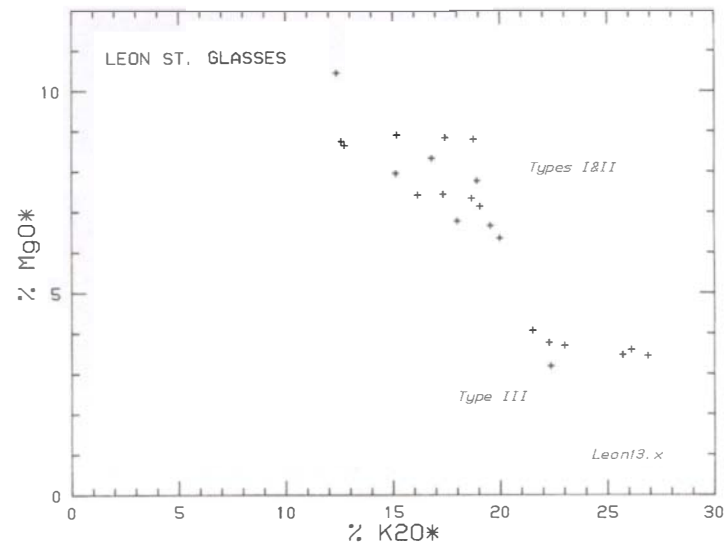


Figura 4  
Vidrios pintados de León. MgO\* vs. CaO\*.

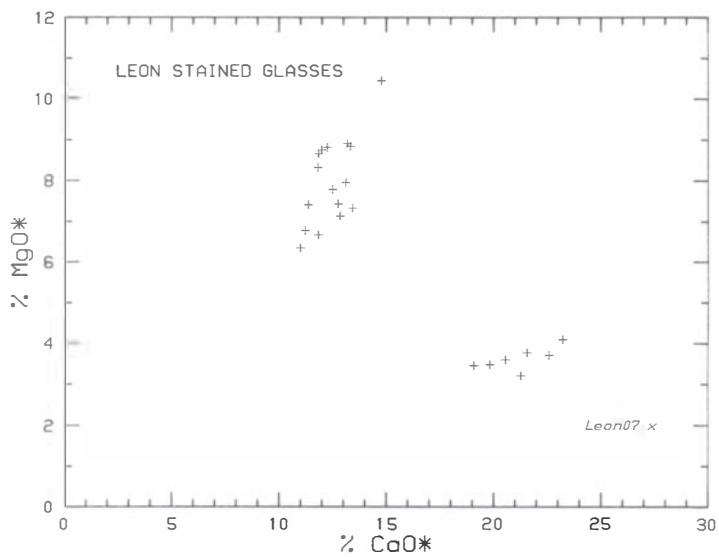


Figura 5  
Vidrios pintados de León. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vs. MgO.

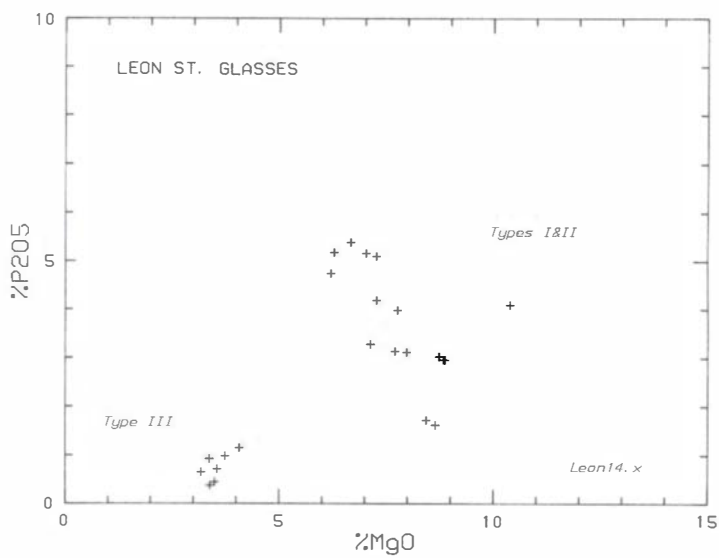


Figura 6  
Vidrios pintados de León. K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vs. CaO/MgO.

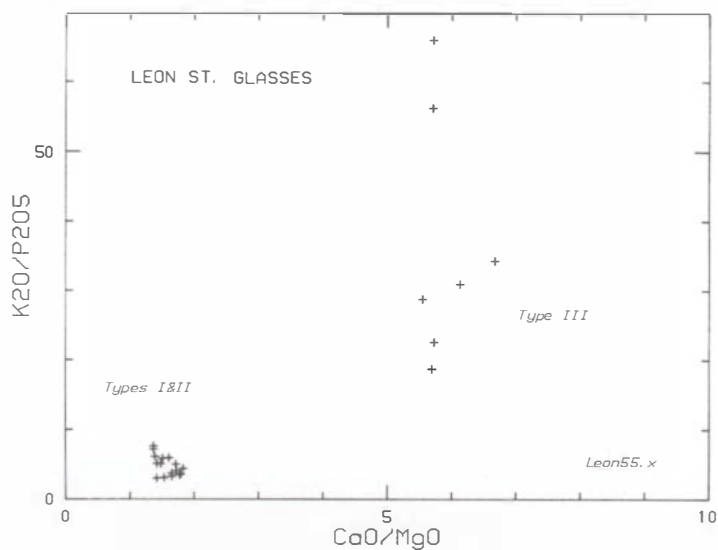


Tabla 1 Análisis químicos de algunos vidrios de la Catedral de León.

	6023	6009	6015	6001	6002	6003	6004	6013	6006	6010	6014	6017
SiO <sub>2</sub> a	52.8	48.90	52.40	58.70	52.50	52.00	52.90	52.50	51.90	53.30	55.20	51.00
Na <sub>2</sub> O	1.89	2.74	2.53	4.15	3.55	4.34	5.36	2.74	3.78	2.90	1.95	2.09
CaO	13.3	11.10	12.20	11.80	12.40	13.30	13.10	10.70	11.30	11.00	12.80	12.60
K <sub>2</sub> O	18.5	18.40	16.60	12.40	18.80	17.40	15.10	19.50	16.10	17.70	14.80	18.70
MgO	7.28	6.27	7.13	8.65	7.72	8.84	8.87	6.20	7.98	6.66	7.78	7.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.82	1.00	1.14	0.91	0.85	0.66	0.81	0.88	0.89	0.79	0.84	1.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.42	0.54	0.47	0.47	0.40	0.37	0.40	0.34	0.77	0.57	0.47	0.54
TiO <sub>2</sub>	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.03	0.08	0.04	0.05	0.05
MnO	1.92	1.10	1.54	0.75	0.75	1.14	1.00	0.68	2.12	1.82	2.11	1.99
CuO	0.05	2.89	2.28	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.05	0.03	0.05
CoO												
SnO <sub>2</sub>	0.002	0.20	0.10				0.00			0.00	0.01	0.00
Ag <sub>2</sub> O	0.001	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PbO	0.005	0.03	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
BaO	0.3	0.25	0.30	0.10	0.15	0.20	0.15	0.10	0.30	0.30	0.30	0.30
SrO	0.08	0.08	0.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.08	0.08	0.05	0.08
Li <sub>2</sub> O	0.001	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rb <sub>2</sub> O	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
NiO												
ZnO	0.24	0.21	0.34	0.06	0.07	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.21	0.22
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.002	0.001									
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.18	5.20	3.29	1.62	3.15	2.95	2.95	4.75	3.12	5.40	3.98	5.18
Suma	101.889	99.038	100.517	99.823	100.554	101.476	100.99	98.6	98.584	100.756	100.657	101.011
SiO <sub>2</sub> * a	53.23	51.94	54.72	59.47	52.83	52.07	53.17	53.79	54.15	54.21	56.43	51.91
Na <sub>2</sub> O*	1.91	2.91	2.64	4.20	3.57	4.35	5.39	2.81	3.94	2.95	1.99	2.13
CaO*	13.41	11.79	12.74	11.96	12.48	13.32	13.17	10.96	11.79	11.19	13.09	12.82
K <sub>2</sub> O*	18.65	19.54	17.34	12.56	18.92	17.42	15.18	19.98	16.80	18.00	15.13	19.03
MgO*	7.34	6.66	7.45	8.76	7.77	8.85	8.92	6.35	8.33	6.77	7.95	7.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.83	1.06	1.19	0.92	0.86	0.66	0.81	0.90	0.93	0.80	0.86	1.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.42	0.57	0.49	0.48	0.40	0.37	0.40	0.35	0.80	0.58	0.48	0.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	4.21	5.52	3.44	1.64	3.17	2.95	2.97	4.87	3.26	5.49	4.07	5.27
T*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(Na+K)*	20.56	22.45	19.98	16.77	22.49	21.77	20.56	22.78	20.74	20.95	17.12	21.16
(Ca+Mg)*	20.75	18.45	20.19	20.72	20.25	22.17	22.08	17.31	20.12	17.96	21.04	19.97
(Si+A+F+P)*	58.70	59.10	59.84	62.51	57.26	56.06	57.35	59.90	9.14	61.09	61.84	58.87
(Fe+Al)	1.24	1.54	1.61	1.38	1.25	1.03	1.21	1.22	1.66	1.36	1.31	1.66
(Fe+Mn)	2.34	1.64	.01	.22	.15	1.51	1.40	1.02	2.89	2.39	2.58	2.53
(Fe+Mn+Al)	3.16	2.64	3.15	2.13	2.00	2.17	2.21	1.90	3.78	3.18	3.42	3.65
(Na/K)	0.10	0.15	0.15	0.33	0.19	0.25	0.35	0.14	0.23	0.16	0.13	0.11
(Ca/Mg)	1.83	1.77	1.71	1.36	1.61	1.50	1.48	1.73	1.42	1.65	1.65	1.79
(Na/P)	0.45	0.53	0.77	2.56	1.13	1.47	1.82	0.58	1.21	0.54	0.49	0.40
(K/P)	4.43	3.54	5.05	7.65	5.97	5.90	5.12	4.11	5.16	3.28	3.72	3.61
(Ca/P)	3.18	2.13	3.71	7.28	3.94	4.51	4.44	2.25	3.62	2.04	3.22	2.43
(Mg/P)	1.74	1.21	2.17	5.34	2.45	3.00	3.01	1.31	2.56	1.23	1.95	1.36

Tabla 1 continuación

	6012	6016	6000	6005	601	6019	6020	602	6007	6022	6008
SiO <sub>2</sub> a	52.30	53.50	57.60	51.00	46.60	49.30	44.80	47.90	46.5	46.20	45.00
Na <sub>2</sub> O	4.32	2.96	4.29	3.94	0.19	0.13	0.16	0.13	1.06	0.19	0.77
CaO	11.10	14.70	11.50	12.10	23.10	21.20	18.70	21.40	19.30	21.80	19.90
KO	15.80	12.30	12.40	18.60	21.40	22.30	26.40	22.10	25.10	22.20	25.30
MgO	7.26	10.40	8.44	8.74	4.06	3.18	3.37	4.74	3.38	3.56	3.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.07	0.98	0.91	1.18	0.98	1.27	1.33	1.25	1.53	1.27	1.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.83	0.61	0.57	0.50	1.98	1.71	2.45	1.74	0.31	0.57	0.71
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.05	0.05	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
MnO	0.96	0.95	0.91	0.74	0.56	0.76	0.62	0.61	0.62	0.58	1.12
CuO	0.10	0.10	0.20	0.40	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.05	0.03
CoO	0.10	0.15			0.03	0.03	0.01	0.01		0.06	0.10
SnO <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PbO	0.03	0.03	0.01	0.00		0.91	0.06	0.65	0.03	0.76	0.05
BaO	0.20	0.25	0.20	0.10	0.50	0.35	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30
SrO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rb <sub>2</sub> O	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.10	0.04	0.10
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
NiO					0.01	0.01	0.01			0.01	0.04
ZnO	0.12	0.49	0.09	0.07	0.30	0.25	0.25	0.29	0.07	0.28	0.08
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>											
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5.12	4.08	1.72	3.02	1.15	0.65	0.92	0.98	0.38	0.72	0.45
Suma	99.54	101.707	99.051	100.621	101.092	102.262	99.589	101.425	98.839	98.734	98.894
SiO <sub>2</sub> * a	53.48	53.75	59.12	51.47	46.85	49.43	45.65	48.27	47.66	47.87	46.43
Na <sub>2</sub> O*	4.42	2.97	4.40	3.98	0.19	0.13	0.16	0.13	1.09	0.20	0.79
CaO*	11.35	14.77	11.80	12.21	23.23	21.26	19.06	21.56	19.78	22.59	20.53
K <sub>2</sub> O*	16.16	12.36	12.73	18.77	21.52	22.36	26.90	22.27	25.73	23.00	26.10
MgO*	7.42	10.45	8.66	8.82	4.08	3.19	3.43	3.77	3.46	3.69	3.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	1.09	0.98	0.93	1.19	0.99	1.27	1.36	1.26	1.57	1.32	1.34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.85	0.61	0.59	0.50	1.99	1.71	2.50	1.75	0.32	0.59	0.73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	5.24	4.10	1.77	3.05	1.16	0.65	0.94	0.99	0.39	0.75	0.46
T*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(Na+K)*	2.57	15.33	17.13	22.75	21.71	22.49	27.07	22.40	26.81	23.20	26.90
(Ca+Mg)*	18.77	25.22	20.47	21.03	27.31	24.44	22.49	25.33	23.25	26.28	24.13
(Si+A+F+P)*	60.65	59.45	62.40	56.22	50.99	53.07	50.44	52.27	49.94	50.52	48.97
(Fe+Al)	1.90	1.59	1.48	1.68	2.96	2.98	3.78	2.99	1.84	1.84	2.01
(Fe+Mn)	1.79	1.56	1.48	1.24	2.54	2.47	3.07	2.35	0.93	1.15	1.83
(Fe+Mn+Al)	2.86	2.54	2.39	2.42	3.52	3.74	4.40	3.60	2.46	2.42	3.13
(Na/K)	0.27	0.24	0.35	0.21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.03
(Ca/Mg)	1.53	1.41	1.36	1.38	5.69	6.67	5.55	5.72	5.71	6.12	5.70
(Na/P)	0.84	0.73	2.49	1.30	0.17	0.20	0.17	0.13	2.79	0.26	1.71
(K/P)	3.09	3.01	7.21	6.16	18.61	34.31	28.70	22.55	66.05	3.83	56.22
(Ca/P)	2.17	3.60	6.69	4.01	20.09	32.62	20.33	21.84	50.79	30.28	44.22
(Mg/P)	1.42	2.55	4.91	2.89	3.53	4.89	3.66	3.82	8.89	4.94	7.76



Tabla 2 Composición de algunos vidrios de la Catedral de León (más o menos 90% C.L.).

	Tipo I y II [n=16]			Tipo III [n=7]			
	X			X			
SiO <sub>2</sub> *	50.32	54.11	57.89	SiO <sub>2</sub> *	45.54	47.45	49.37
Na <sub>2</sub> O*	1.78	3.41	5.04	Na <sub>2</sub> O*	0	0.38	0.98
CaO*	10.84	12.43	14.01	CaO*	18.88	21.14	23.41
K <sub>2</sub> O*	12.73	16.79	20.84	K <sub>2</sub> O*	20.64	23.98	27.32
MgO*	6.27	7.98	9.69	MgO*	3.17	3.60	4.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.71	0.95	1.19	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	1.04	1.30	1.56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.30	0.53	0.75	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	0.12	1.37	2.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	1.83	3.81	5.80	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.33	0.76	1.19
MnO	0.44	1.04	1.64	MnO	0.51	0.625	0.74

Composiciones Reducidas = Ocho óxidos normalizados al 100%.

MnO para otros colores distintos al morado; presentes en las 18 muestras.

(Excluye los números 6006, 6010, 6014, 6017 y 6008.) Para cuatro vidrios de color morado del Tipo I y II, MnO = 2.01% + 0.23.

Tipo I			Tipo II			Tipo III		
6000	vidriera	1	6009	vidriera	9	6007	vidriera	7B
6001		2-1	6010		10	6008		8
6002		2-2	6012		14	6018		25-1
6003		5-1	6013		15	6019		25-2
6004		5-2	6014		18	6020		28
6005		5-3	6015		21-1	6021		29-1
6006		5-4	6017		23	6022		29-2
			6023		31B			
			6016(?)		21-2			

La Tabla 1 y las figuras muestran que el Tipo III se caracteriza por un alto contenido de K<sub>2</sub>O\* y CaO\* con tan sólo un moderado contenido de MgO\*, mientras que los Tipos I y II tienen un alto contenido de K<sub>2</sub>O\*, medio/alto de CaO\*, y alto de MgO—a veces combinado con un alto contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Las diferencias reflejan probablemente el uso de distintas cenizas de plantas utilizadas como álcali o los diferentes tipos de procesamiento de las cenizas de plantas.

Las dos composiciones corresponden a vidrios de durabilidad bastante pobre, especialmente si se han expuesto a unos medios ácidos. Las clasificaciones químicas concuerdan asimismo con la observación *a priori* de Goldkuhle de que el deterioro de los vidrios del siglo XIII difiere considerablemente del de los vidrios del siglo XV. Dado que en realidad el autor no ha examinado personalmente dichos vidrios sino las muestras del borrador, no es posible especificar aquí qué rasgos caracterizan los diversos tipos de deterioro.

---

## Comparación con vidrios de otros lugares

A lo largo de los años el Corning Museum of Glass ha analizado más de 300 muestras de vidrio de unos cuarenta lugares de Europa (Brill 1968, 1970, 1971, 1972b; Brill y Barnes 1981; Brill, Erret y Lynn 1984). Mientras se analizaban los vidrios de León, 20 vidrios individuales de este trabajo anterior (representando 19 iglesias) fueron nuevamente analizados. Los resultados establecieron que los primeros análisis estaban bien calibrados con los actuales análisis de León, y permitían por tanto comparaciones directas de los diversos grupos de datos.

Las muestras de vidrio de otros lugares no se reunieron de forma sistemática, siguiendo adecuados métodos de muestreo estadístico. Según los criterios actuales el muestreo podría considerarse inadecuado por varios motivos. Dado que las muestras fueron recogidas en su mayoría hace veinte años o incluso más—y dado que los recursos del Museo eran entonces limitados—fue sencillamente imposible realizar un análisis de las vidrieras tal y como se hubiera realizado hoy en día. En aquellos tiempos era realmente un “coge lo que puedas” porque las personas encargadas del cuidado y de la preservación de las vidrieras eran reacias a ceder más de uno o dos fragmentos de vidrio.

El recoger suficientes muestras representativas de una vidriera entera, y mucho menos de una catedral o una selección de catedrales, estaba bastante lejos de nuestras posibilidades en aquel momento. Por lo tanto adoptamos un enfoque distinto con un objetivo que podía ser alcanzado—un objetivo que valía realmente la pena, dado el limitado número de análisis de vidrios que por entonces había sido realizado. Se decidió analizar toda muestra que pudiéramos obtener siempre que se tuviera certeza de su procedencia y datación. De esta manera podíamos dirigir un estudio preliminar a fin de ver qué tipos de variaciones podían existir entre los vidrios de distintos lugares y períodos. Este estudio no podía ser completo y los análisis individuales tampoco podían ser tomados como representativos de ciertas vidrieras, iglesias, regiones o períodos. Tan sólo podían ofrecer una idea de la variabilidad que anticiparían aquellos que eventualmente fuesen a realizar (o realicen) proyectos analíticos sobre vidrio en mayor escala y específicamente más definidos. Aun así, en algunos casos, los datos aquí expuestos son, sin duda, fiel reflejo de las familias compositivas de grupos definibles, aun cuando pudieran no ser precisos dentro de unos estrechos márgenes numéricos.

Las Figuras 7–9 contienen datos de vidrios de otros lugares distintos a León. En total están representados unos 330 vidrios, procedentes de aproximadamente unas sesenta vidrieras en unas cuarenta iglesias. En la Descripción de las Muestras se ofrece una lista de los lugares. Los vidrios varían en sus atribuciones (suministradas por los donantes) desde los siglos IX y X hasta el siglo XVI, con una mayor concentración entre los siglos XII y XIV. No se realizan distinciones entre los colores. No obstante, dado que la mayor parte de los datos han sido trazados como valores reducidos de los óxidos, se compensan así, hasta cierto punto, las diferencias de composición introducidas por los colorantes. La importancia de utilizar datos simplificados (siete óxidos principales y secundarios normalizados al 100%) viene dada por el hecho

Figura 7

Vidrios pintados procedentes de varios lugares.  $K_2O^*$  vs.  $CaO^*$ . Círculos = Inglaterra; Cuadrados = Francia; Triángulos = Alemania, Austria y Suiza; Cruces = Italia, España y Portugal.

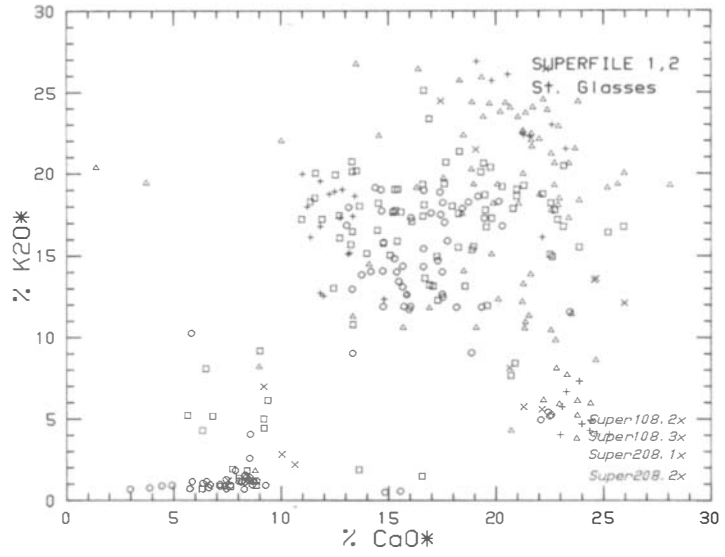


Figura 8

Vidrios pintados procedentes de varios lugares.  $Na_2O^*$  vs.  $MgO^*$ . Los símbolos son idénticos a los de la Figura 7.

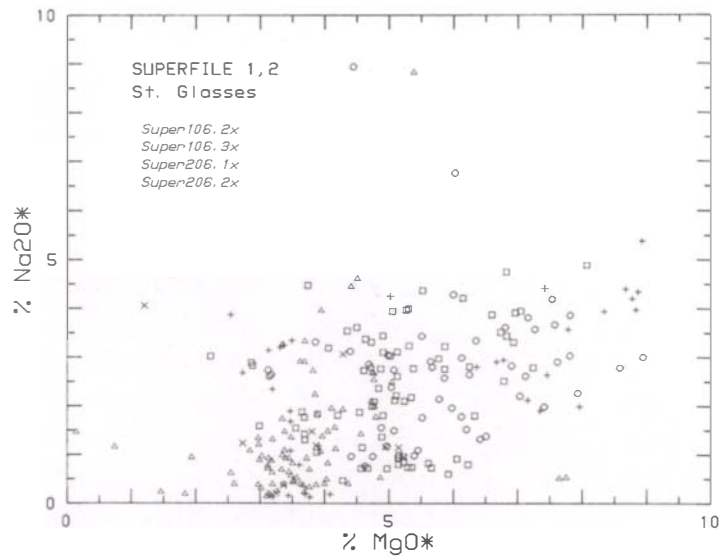
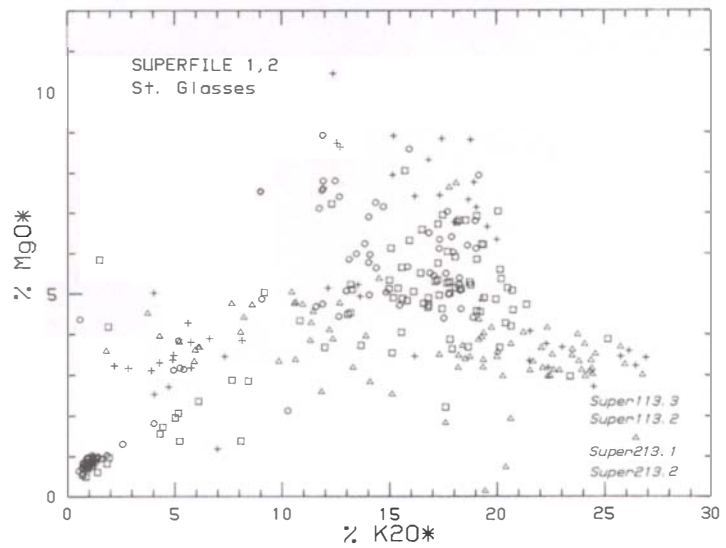


Figura 9

Vidrios pintados procedentes de varios lugares.  $MgO^*$  vs.  $K_2O^*$ . Los símbolos son idénticos a los de la Figura 7.



de que tienden a dar una imagen mejorada de la composición básica del vidrio. Los vidrios con un alto contenido en plomo (de los cuales hemos analizado unos veinte) no han sido incluidos en estos gráficos.

Las muestras representadas en las Figuras 7–9 han sido agrupadas, de forma bastante arbitraria, en grupos geográficos. Los vidrios de Inglaterra están representados como círculos; los de Francia como cuadrados; los de Alemania, Austria y Suiza como triángulos; y los de Italia, España y Portugal como cruces. Los gráficos son realmente confusos. Hay tanta superposición que es difícil dar sentido a los datos simplemente mirando los gráficos. Por lo tanto se está llevando a cabo un análisis estadístico de los datos en colaboración con Daniel Heyer<sup>2</sup>.

Se espera que los análisis estadísticos ofrezcan correspondencias de utilidad entre las composiciones químicas y los orígenes geográficos y/o la datación de los vidrios. Dichas correspondencias no establecerían necesariamente normas fijas para caracterizar vidrios fabricados en distintos lugares o en distintos momentos; pero podrían al menos servir de pautas de gran utilidad para futuras investigaciones.

En vez de especular aquí sobre la base de una simple inspección de los datos, sería quizá más prudente esperar el resultado de los cálculos<sup>3</sup>. No obstante, algunas observaciones son directamente evidentes. En la Figura 7 se puede ver que la mayor parte de los vidrios analizados son potásicos con un alto contenido en calcio. La excepción son los vidrios de soda y calcio, situados en la esquina inferior izquierda del gráfico (la mayor parte son de Jarrow y de Monkwearmouth). Otros cuantos son vidrios alcalinos mezclados. Parece ser que los niveles de  $K_2O$ ,  $CaO$ , y  $MgO$  son suficientes para efectuar distinciones entre los vidrios de la mayor parte de las procedencias. A pesar de que ciertos grupos van emparejados entre sí en un gráfico, pueden no estarlo en otros.

Mediante comparaciones gráficas bastante laboriosas entre los vidrios de León y versiones simplificadas de los gráficos en las Figuras 7–9, fue posible descubrir ciertos vidrios cuyas composiciones se emparejaban con las del Tipo I/II y Tipo III. Por ejemplo, parece que los siete vidrios del Tipo III de León, de los cuales se pensó que estaban fabricados en el siglo XV, se emparejan bastante bien con las composiciones de vidrios de cuatro iglesias en Alemania y Austria, así como con dos vidrios de Florencia. Estos vidrios, reflejados en la Tabla 3, son del siglo XIV o muy de principios del XV. Si todas esas similitudes se mantienen tras futuros escrutinios, podrían buscarse conexiones históricas o tecnológicas entre estas vidrieras y los vidrios del Tipo III de León. Hasta el momento no hemos encontrado estrechas conexiones con los vidrios de León del siglo XIII de los Tipos I y II, con la excepción de dos vidrios de Evreux (hacia 1300) y otros varios de St. Maur des Fosses (finales del siglo XIII). Algunos vidrios de la Catedral de York (siglo XIII) y otros cuantos de la Catedral de Coventry (siglos XIII o XIV) tienen algunos rasgos compositivos comunes con los Tipos I y II, pero las similitudes son más bien tenues.

Los Tipos I y II tienen unos valores de  $K_2O^*$  entre el 15% y 20% combinados con unos valores inusualmente elevados de  $MgO^*$  (6–9%). Esta especial combinación podría resultar ser bastante rara entre los

Tabla 3 Comparación de los vidrios de León con vidrios de otros lugares.

León Tipos I y II (alto K <sub>2</sub> O y MgO; moderado/alto CaO; moderado/muy alto P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	León Tipo III (muy alto K <sub>2</sub> O y CaO; moderado MgO; bajo/mod. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
St. Maur des Fosses; s. XIII 9 vidrios.	Ulm; 1410 4 vidrios
Catedral de York; s. XIII 3 vidrios	Erfurt; 1300–325 5 vidrios
Catedral de Coventry; s. XIII y XIV 6 vidrios.	St. Leonhard; 1340 7 vidrios
(comparaciones dudosas)	Augsburgo (Solomon); 1350 6 vidrios
(la combinación de 15–20% de K <sub>2</sub> O* con un valor muy alto de MgO* no es usual)	Florenia (o San Michele); 1380–1410. 2 vidrios
	Goslar, Kloster, Lorsch, Magdeburgo, Nürnberg y Rust; s. XIII y XV (1 vidrio por ciudad)
	(parejas aproximadas)

vidrios medievales. Si ésto fuera así, podría aceptarse (con reservas) como la evidencia de una producción local de vidrio en León en el siglo XIII. Esperamos poder disponer en breve de datos materiales complementarios en bruto que nos permitirían investigar esta posibilidad.

## Algunas reflexiones finales

En la versión de este artículo para la ponencia presentada en Santander, se discutían además otras cuatro cuestiones relacionadas con la investigación científica sobre las vidrieras; las limitaciones de espacio no permiten, sin embargo, que puedan ser presentadas aquí en detalle. Aquellos lectores que estén interesados pueden contactar con el autor para obtener información sobre los siguientes temas:

1. Análisis químicos de vidrios europeos desde el siglo XII hasta principios del XV con un alto contenido en plomo. Los ejemplos de los vidrios en cuestión, la mayoría de los cuales tienen un especial color verde esmeralda, procedían de iglesias en Alemania y Austria. Los vidrios parecen haber sido fabricados mediante la adición de plomo, ingrediente contenido en el casco de vidrio ordinario. Utilizando casco de vidrio y litargirio en una proporción por peso del 5:2—y 1/7 de CuO—se obtendría un vidrio con una composición muy similar a la composición media calculada para 14 muestras de este tipo de vidrio (ver Tabla 4 y Figuras 10 y 12).

Tabla 4 Composición de algunos vidrios pintados con un alto contenido de PbO (14 muestras de Alemania y Austria; s. XIII y principios del s. XV.). Más o menos 90% C.L.

	X		
SiO <sub>2</sub> +	39	43.4%	48
K <sub>2</sub> O+	8.0	11.2	14
CaO+	7.7	12.1	16
PbO+	19	28.3	38
Na <sub>2</sub> O+	0.03	0.60	1.2
MgO+	1.4	2.27	3.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +	0.62	1.87	3.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +	0.15	0.34	0.54
CuO	1.31	1.99	2.67

(datos en bruto, n=13.)

Figura 10 Vidrios pintados con un alto contenido en plomo. K<sub>2</sub>O\* vs. PbO\*.

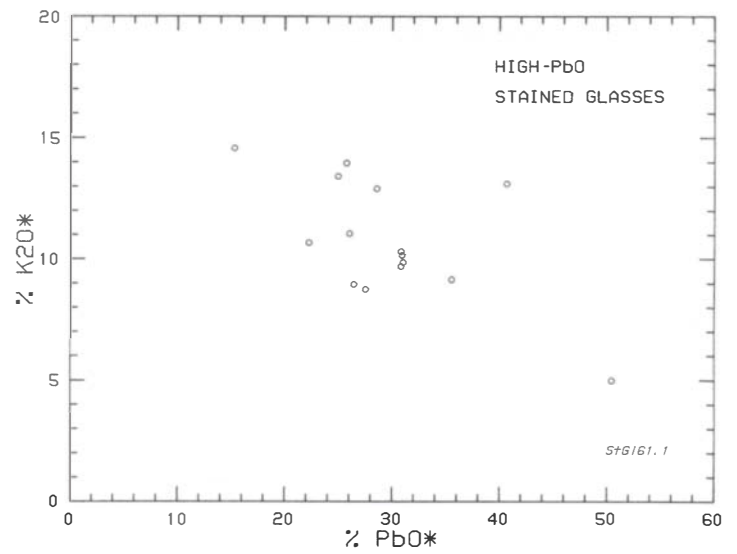


Figura 11 Vidrios pintados con un alto contenido en plomo. CaO vs. PbO\*.

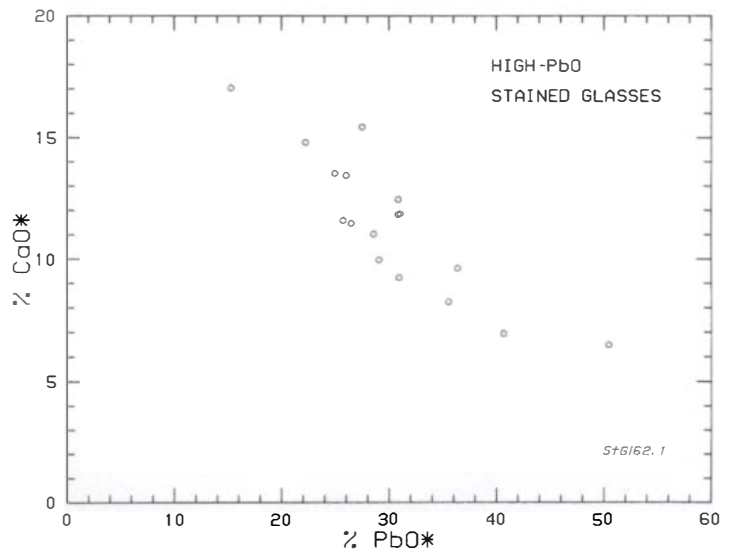
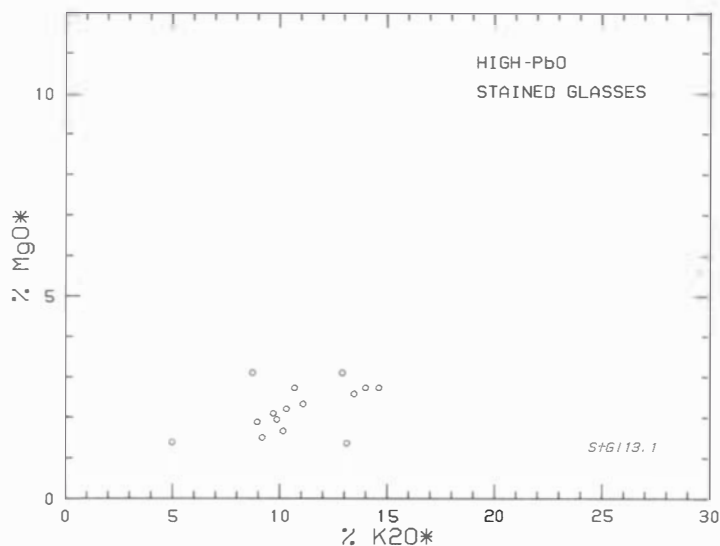


Figura 12

Vidrios pintados con un alto contenido en plomo. MgO\* vs. K<sub>2</sub>O\*.



2. Análisis con isótopos de plomo sobre vidrios de color azul oscuro, varillas de plomo y algunos vidrios medievales con un alto contenido en plomo. En los vidrios sódicos de color azul oscuro del siglo XII, a menudo localizados en vidrieras donde todos los demás colores son de vidrios potásicos, los análisis con isótopos de plomo sobre los restos de plomo introducidos con el cobalto sugieren que el cobalto provenía de fuentes orientales, quizá de Irán o Turquía. Estos vidrios han sido localizados en Chartres, St. Denis, Mt. St. Michel, York, Glastonbury, Pavía, etc. Los vidrios sódicos de color azul oscuro fueron probablemente importados de algún centro vidriero también del Este, posiblemente Italia o, aunque menos probable, Constantinopla. Decimos menos probable Constantinopla, porque los vidrios de color azul oscuro contienen también antimonio, elemento característico de ciertos vidrios medievales italianos pero no de los vidrios bizantinos contemporáneos.

Los análisis con isótopos de plomo de los vidrios potásicos de color azul oscuro del siglo XIII muestran que su cobalto provenía de diversas fuentes, quizá de Alemania o Austria, o quizá del noreste de España. Dentro esta conexión nos gustaría realizar análisis con isótopos de plomo de los vidrios de color azul oscuro de León y de muestras de minerales de plomo de los alrededores de los yacimientos de cobalto en España. Los análisis con isótopos de plomo de las varillas de plomo muestran ciertas correlaciones con la localización geográfica de las vidrieras de las cuales provienen. Los análisis con isótopos de plomo de vidrios de color verde con un alto contenido en plomo han mostrado también interesantes similitudes y diferencias entre los pocos vidrios hasta ahora analizados.

3. Los efectos en el color del vidrio producidos por el recalentamiento de las vidrieras por efecto de la luz solar (ver Figuras 13 y 14).

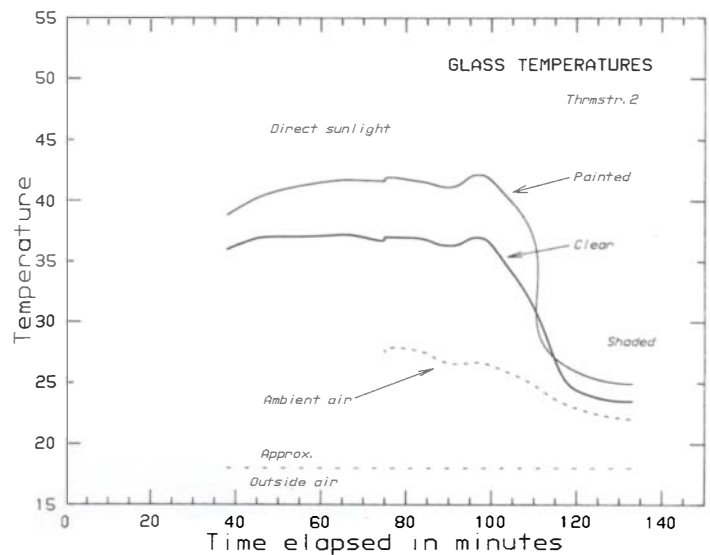
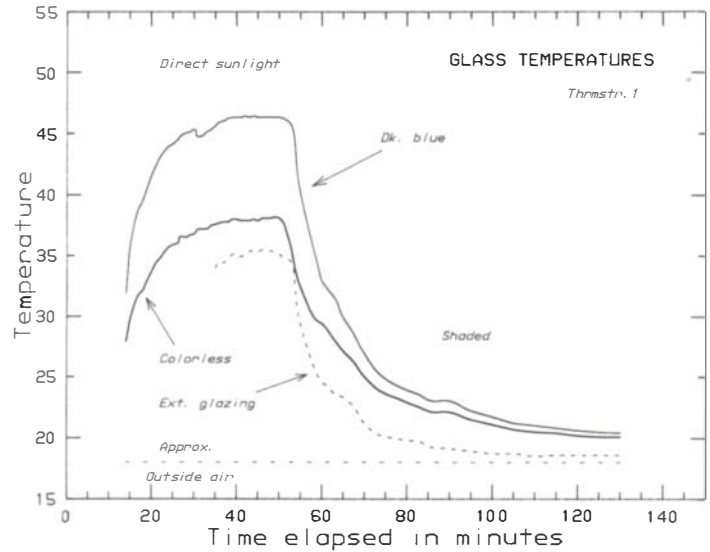
Figura 13

Las temperaturas (°C) fueron registradas mediante sondas-termómetro incrustadas en vidrios planos (4 mm. de grosor) y aisladas del exterior mediante la aplicación de capas de goma de silicona. Los vidrios fueron expuestos a la luz solar a través de un acristalamiento protector exterior o de un vidrio común a distancia de 1,0-2,0 cm. La temperatura exterior era aproximadamente de unos 18 °C. El paso del sol tras un árbol cercano produjo un enfriamiento de unos 55 minutos. Aparentemente el equilibrio en las diferencias de temperatura entre los vidrios incoloros y los de color azul cobalto oscuro fue de  $\pm 8,5$  °C. Este experimento fue uno de los muchos realizados en Corning entre mediados y finales de septiembre de 1975. Otros experimentos similares mostraron que el calentamiento de los vidrios color ámbar y rubí se situaba en un punto medio entre los de color azul oscuro y los incoloros.

Semejantes diferencias de temperatura podrían afectar la intensidad de la meteorización producida en los vidrios a lo largo de largos períodos de exposición. Los vidrios más oscuros podrían verse afectados de forma más rápida dado el aumento en los niveles de reacción provocados por las altas temperaturas; por otra parte, éstas podrían retardar dichas reacciones al disminuir la cantidad de agua absorbida.

Figura 14

Experimento similar al descrito en la Figura 13 con diferencia de que las sondas estaban incrustadas por debajo de partes pintadas y no pintadas dentro de un mismo vidrio incoloro. Aparentemente el equilibrio en las diferencias de temperatura bajo la luz solar fue de  $\pm 5,0$  °C. La diferencia de temperatura puede ser debida al efecto de "ensombrecimiento" producido por los fenómenos de corrosión en las pinturas de la cara exterior. No obstante, también pueden influir otros efectos tales como las diferencias de conductividad térmica o las diferencias en la fase de separación/desvitricificación entre zonas pintadas y zonas adyacentes no pintadas, etc.





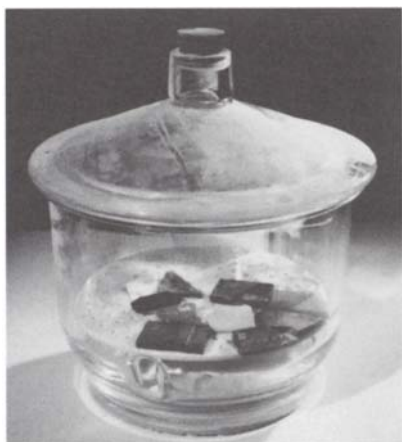


Figura 15

Arriba. Frasco de desecación con muestras de vidrios experimentales cuya composición se asemeja a la de los vidrios medievales de diversas procedencias. El frasco contiene asimismo una libra (453,6 gr.) de bisulfato de sodio y 80 ml. de agua. Fotografía tomada en de 1972, cuatro meses después del comienzo del experimento. (El frasco sobrevivió a la riada de junio de 1972 en Corning).

Figura 16

Derecha. Detalle del frasco de desecación de la Figura 15. Fotografía tomada al mismo tiempo. Cuatro de los vidrios muestran ya los efectos del ataque después de 3 semanas de exposición.



Figura 17

Detalle del frasco de desecación de la Figura 15. Fotografía tomada en septiembre de 1978, seis años y cuatro meses después del comienzo del experimento. El vidrio experimental QQ (fondo izquierda) ha sido seriamente atacado; el vidrio VY (primer plano) muestra los efectos de un fuerte ataque; el vidrio FF (centro izquierda, con gruesas costras) ha sufrido el ataque más fuerte. En la Tabla 5 se ofrecen las composiciones. Incluso después de 22 años en un frasco de desecación de la marca Pyrex, los vidrios de borosilicato de gran duración sufrieron un ataque mínimamente apreciable.



4. Los resultados de experimentos a largo plazo que demuestran la acción extremadamente corrosiva del  $S_2O$  y  $SO_3$  sobre vidrios cuyas composiciones se asemejan a las de los vidrios medievales. Algunos vidrios mostraron corrosión superficial después de 3–4 semanas de exposición a altas concentraciones de  $S_2O$  y  $SO_3$ . Los vidrios que imitaban las composiciones de potasa y calcio de las vidrieras de Nuremberg y York fueron seriamente atacados tras unas semanas de exposición. Los vidrios de sosa y calcio, igual que los que imitaban los vidrios de Zerek Çamii, demostraron ser menos susceptibles a este ataque (ver Figuras 15–18 y Tabla 5).
5. Comparaciones entre composiciones de vidrio base y composiciones de vidrio rubí en los vidrios rubí laminados medievales.

Figura 18

Muestra rota de vidrio FF fotografiada 22 años después del comienzo del experimento. El vidrio se había desintegrado completamente hacía ya tiempo, convirtiéndose en una masa blanca desmenuzable y deforme con una costra negra en su superficie. La difracción de rayos X ofreció un fuerte modelo para  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y una fase no identificada.

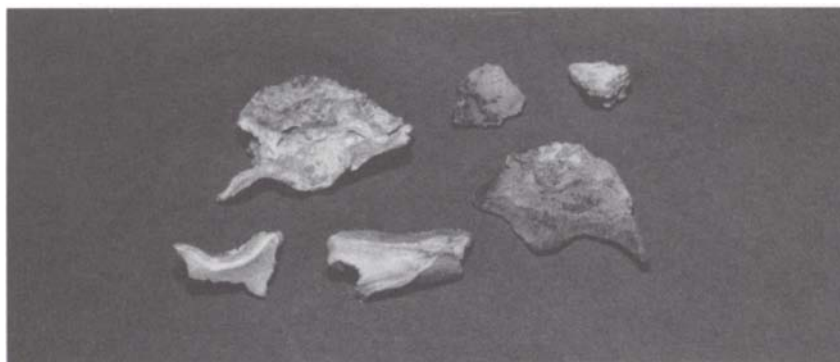


Tabla 5 Composición de vidrios pintados sintéticos (en % de peso).

	Durabilidad Inferior			Durabilidad Intermedia				Durabilidad superior	
	QR	FF	VY	VZ	QS	VW	QQ	VX	VS
	Efecto			Subst.					
	Nürn-berg	MgO-CuO	Efecto MgO	Efecto CuO	Kariye Çamii	Na <sub>2</sub> O-K <sub>2</sub> O	York	Efecto P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O-CaO
SiO <sub>2</sub>	55.5	48.4	56.7	56.7	66.0	63.0	58.5	56.7	63.0
K <sub>2</sub> O	18.5	16.4	16.2	16.2	1.5	—	8.5	15.2	18.0
Na <sub>2</sub> O	0.5	2.9	—	—	14.0	18.0	3.0	—	—
CaO	19.0	15.4	16.2	16.2	10.0	18.0	16.0	16.2	18.0
MgO	2.5	3.9	10.0	—	1.4	—	7.0	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	1.5	—	—	2.0	—	1.0	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.0	3.9	—	—	—	—	4.0	10.0	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	0.5	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0
MnO	1.0	1.0	—	—	1.0	—	1.0	—	—
CuO	—	3.0	—	10.0	3.0	—	—	—	—
CoO	—	0.1	—	—	0.1	—	—	—	—
Pr. D.	S,G,E,	E,		L					(?)

Pr. D. son fases cristalinas indicadas mediante fuertes modelos de difracción de rayos X obtenidos para los productos de la meteorización de cuatro vidrios tras una exposición a largo plazo a los humos de SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub> (ver punto 4 en "Algunas reflexiones finales").

S = Singenita: K<sub>2</sub>Ca(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O

G = Yeso: Ca SO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O

E = Sulfato de magnesio: MgSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O

L = Leightonite: K<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu(SO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O

(?) = Fase no identificada

Difracción de rayos X (XRD) a cargo de John E. Geiger de Corning, Inc.

## Descripción de las muestras

### Vidrios de la Catedral de León (CMG XI AO.)

( ) = Indica las vidrieras analizadas.

\* = vidrios del Tipo III.

6000 Incoloro con reflejos rubí. Ambos vidrios en proporciones originales. (1)

6001 Ambar. (2-1)

6002 Ambar. (2-2)

6003 Ambar. (5-1)

6004 Ambar. (5-2)

6005 Incoloro con destellos rubí. Ambos vidrios en proporciones originales. (5-3)

- 6006 Morado. (5-4C)  
 \*6007 Amarillo. (7-B)  
 \*6008 Azul oscuro, destellos morados. Ambos vidrios en proporciones originales. (8)  
 6009 Verde. (9)  
 6010 Morado. (10)  
 6012 Azul oscuro. (14)  
 6013 Ambar. (15)  
 6014 Morado claro. (18)  
 6015 Verde. (21)  
 6016 Azul oscuro. (21-2)  
 6017 Morado. (23)  
 \*6018 Verde. (25-1)  
 \*6019 Verde. (25-2)  
 \*6020 Verde. (28)  
 \*6021 Verde. (29-1)  
 \*6022 Azul oscuro. (29-2)  
 6023 Aguamarina. (31-B)

### Vidrios procedentes de otras fuentes

Los números son códigos de acceso del catálogo del Departamento de Investigación Científica del Museo. Los nombres hacen referencia a los donantes. Los códigos de entrada muestran asimismo el número aproximado de muestras representadas en los datos aquí expuestos.

- XI A. Zerek Çamii, hacia 1125. (A.H.S. Megaw.) 13 vidrios.  
 XI B. Kariye Çamii, principios del s. XII. (A.H.S. Megaw.) 8 vidrios.  
 XI C. Jarrow y Monkwearmouth, hacia 674-850. (R. Cramp.) 21 vidrios.  
 XI D. Glastonbury, s. IX-X. (D. Harden.) 10 vidrios.  
 XI E. Canterbury, hacia 1200-1250 y finales del s. XV. (M. Caviness.) 13 vidrios.  
 XI F. Coventry, s. XIII-XIV. (B. Hobley.) 6 vidrios.  
 XI G. Catedral de York, s. XII-XV. (P. Newton, R. Newton, J. Hayward.) 17 vidrios.  
 XI H. Abadía de Dorchester, fecha incierta. (M. Caviness.) 2 vidrios.  
 XI I. Norwich, primera mitad del s. XV. (M. Caviness.) 1 vidrio.  
 XI J. Saint-Maur-des-Fosses, finales del s. XIII. (J. Hayward.) 19 vidrios.  
 XI K. Chartres, hacia 1225. (CMG, J. Bettembourg.) 6 vidrios.  
 XI L. St. Victor, s. XIII. (J. Taralon.) 8 vidrios.  
 XI M. Rougiers, hacia 1400. (G. D. D'Archimbaud.) 1 vidrio.  
 XI N. Avignon, s. XIV. (N. Lambert.) 6 vidrios.  
 XI O. Psalmodi, s. XIII. (A. Borg.) 9 vidrios.  
 XI P. Mont St. Michel, s. XII. (J. Taralon, J. Bettembourg.) 5 vidrios.  
 XI Q. Rouen, s. XIII y XV. (J. Taralon, J. Bettembourg.) 11 vidrios.  
 XI R. St. Denis, s. XII. (T. Husband.) 7 vidrios.  
 XI S. Pitcairn, s. XII. (T. Husband.) 7 vidrios.  
 XI T. Francés o inglés, finales del s. XII. (A. Beale.) 1 vidrio.  
 XI U. Augsburgo, Profetas y otros, 1130 y 1350. (G. Frenzel.) 22 vidrios.  
 XI V. Catedral de Naumberg, hacia los s. XIV y XV. (E. Drachenberg, G. Frenzel.) 4 vidrios.  
 XI W. Catedral de Halberstadt, hacia 1400-1435. (E. Drachenberg.) 3 vidrios.  
 XI X. Catedral de Magdeburgo, Coro, fechas inciertas. (E. Drachenberg.) 6 vidrios.  
 XI Y. Erfurt, Iglesia de los Agustinos y Catedral, hacia 1300-1325 y 1375-1400. (E. Drachenberg.) 8 vidrios.  
 XI Z. Nuremberg, s. XIV-XVII. (G. Frenzel.) 9 vidrios.  
 XI AA. Catedral de Ulm, hacia 1400 y 1410. (G. Frenzel.) 5 vidrios.  
 XI AB. Catedral de Speyer, hacia 1170. (G. Frenzel.) 3 vidrios.  
 XI AC. Oppenheim, hacia 1300. (G. Frenzel.) 1 vidrio.  
 XI AD. Schulpforta, hacia 1250-1275. (E. Drachenberg.) 1 vidrio.  
 XI AE. Lautenbach, P. Hemmels, hacia 1482. (R. Becksmann.) 7 vidrios.  
 XI AF. Kloster Lorsch, fecha incierta. (G. Frenzel.) 4 vidrios.  
 XI AG. Regensburg, Coro, hacia 1300. (G. Frenzel.) 4 vidrios.  
 XI AH. Catedral de Freiburg, Vitral de Constanza, hacia 1300. (G. Frenzel.) 3 vidrios.  
 XI AI. Alemania, s. XII y XIV. (G. Frenzel.) 4 vidrios.

- XI AJ. Gratwein, s. XV. (E. Frodl-Kraft.) 1 vidrio.  
 XI AK. St. Leonhard, panel de S. Erhardus, hacia 1340. (J. Hayward.) 8 vidrios.  
 XI AL. Austria, 1300–1310 y s. XV. (E. Frodl-Kraft.) 3 vidrios.  
 XI AM. Berna, s. XV y XVI. (H. Hanloser.) 11 vidrios.  
 XI AN. Florencia y Milán, s. XV. (G. Marchini.) 9 vidrios.  
 XI AP. Batalha, s. XV y XVI. (C.V. de Silva Barros.) 11 vidrios.  
 XI AQ. Austria y Alemania, vidrios con mucho plomo, 1290–1480. (E. Frodl-Kraft, E. Drachenberg, G. Frenzel, S. Fitz.) 18 vidrios.  
 XI AS. Inglaterra, Francia y Alemania, varias vidrieras, s. XIII y XVI (y una de hacia 1860). (J. Taralon, J. Bettembourg, T. Husband, M. Lillich, G. Frenzel, D. King.) 23 vidrios.

---

## Agradecimientos

Robert H. Brill quisiera agradecer al equipo español de conservación de las vidrieras de León y a los científicos participantes del Instituto Getty de Conservación el invitarle a realizar los análisis de los vidrios de León. Aquellas personas que aportaron vidrios procedentes de otras fuentes serán mencionadas y formalmente agradecidas en un posterior monográfico sobre los hallazgos de todos los análisis del Corning Museum of Glass. Se agradece de forma especial la colaboración de Steven Weintraub con el autor durante las fases iniciales de la investigación de León, y a Sherri L. Seavey y Mary L. Townsley por su ayuda en el manejo de los datos y la preparación del manuscrito. David Lange proporcionó una valiosa ayuda al confirmar la exactitud de varios análisis de óxidos con unos contenidos extraordinariamente elevados de potasio.

---

## Notas

1. Los análisis fueron realizados por el Dr. Brandt A. Rising y sus ayudantes de Umpire and Control Services, Inc., West Babylon, Nueva York.
2. Heyer trabajó anteriormente en el Corning Museum of Glass y en la actualidad trabaja para Best Foods en Princeton, N.J.
3. Los resultados finales de los análisis, así como las conclusiones, serán incluidos en un monográfico con los resultados de todos los análisis químicos de vidrios antiguos realizados por el Corning Museum of Glass en los últimos 35 años.

---

## Citas

- Brill, Robert H.**
- 1965 Interlaboratory comparison experiments on the analysis of ancient glass. En *Proceedings of the 8th International Congress on Glass, Preliminary Papers*, sección E (ponencia nº 226), 1–4. Bruselas: International Congress on Glass.
- 1968 The scientific investigation of ancient glasses. En *Proceedings of the 8th International Congress on Glass, London*, 47–68. Sheffield, Inglaterra: Society of Glass Technology.
- 1970 Scientific studies of stained glass. *Journal of Glass Studies* 12:185–92.
- 1971 A request for help in the conservation of early stained glass windows. En *Proceedings of the 9th International Congress on Glass*, 51–56. París: l'Institut du Verre.
- 1972a A chemical-analytical round robin on four synthetic ancient glasses. En *The International Congress on Glass, Versailles, Artistic and Historical Communications*, 93–110. París: l'Institut du Verre.

- 1972b Scientific investigations of early stained glass. En *The International Congress on Glass, Versailles, Artistic and Historical Communications*, 307–16. París: l'Institut du Verre.
- Brill, Robert H., y I. Lynus Barnes**
- 1981 The flight into Egypt, from the Infancy of Christ Window (?): Some chemical notes. En *The Royal Abbey of Saint-Denis in the time of Abbot Suger (1122–1151)*, 81. Nueva York: Metropolitan Museum of Art.
- Brill, Robert H., Raymond F. Erret, y Merrill Lynn**
- 1984 The use of silanes in glass conservation. En *Adhesives and Consolidants: Preprints of the Contributions to the Paris Congress, 2–8 September, 1984*, 185–90. Londres: International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.
- Brill, Robert H., y Steven Weintraub**
- 1992 Chemical analyses of some stained glass windows in León Cathedral. En *Proceedings of the 16th International Congress on Glass*, vol. 7, 143–48. Madrid.

# El efecto de la corrosión sobre las vidrieras

Johanna Leissner

LAS VIDRIERAS SIEMPRE han fascinado a la gente debido a sus intensos y brillantes colores matizados por la luz solar. Las vidrieras históricas pertenecen por tanto al legado cultural más importante de Europa. No obstante, los vidrios medievales y sus pinturas sufren un grave deterioro siendo a menudo completamente destruidos por las influencias corrosivas del medio. Muchos parámetros como la humedad, cambios de temperatura, tratamientos de conservación inadecuados, microorganismos, contaminantes gaseosos e interacciones sinérgicas contribuyen al deterioro de estas obras de arte. Sin duda nos hallamos ante un proceso de corrosión del vidrio. El motivo principal reside en la escasa durabilidad de la composición química de los vidrios pintados históricos comparada con la de los vidrios actualmente utilizados. A fin de poder establecer un programa de restauración es necesario un conocimiento profundo de la naturaleza de la corrosión del vidrio y del medio ambiente en el cual está situado.

---

## El proceso de corrosión

El deterioro de las vidrieras comienza desde el mismo momento de su realización, tanto en su cara interior como exterior; emplazadas en un medio museístico puede sin embargo reducirse el grado de corrosión del vidrio—medida de protección bastante insatisfactoria pues las vidrieras logran su esfera de armonía tan sólo en su emplazamiento arquitectónico original. Por otro lado, existen serios problemas en las capas pictóricas formadas principalmente por vidrios silíceos con carga de plomo. Estas capas pictóricas, al igual que los vidrios pintados, se ven afectadas por la meteorización, aunque su resistencia al deterioro puede ser mejor o peor que la del sustrato vítreo. Incluso cuando la capa pictórica es relativamente estable, el vidrio subyacente afectado por la corrosión irá deshaciéndola en escamas. El vidrio pintado puede ser muy duradero pero la aparición de manchas negras denota una corrosión acelerada que termina por deshacer totalmente la pintura. Observamos así una imagen en negativo de la capa pictórica.

En general, el proceso de corrosión tiene tres efectos distintos sobre el vidrio:

- pérdida de transparencia y brillo
- pérdida de las capas de pintura
- pérdida del material vítreo

En los capítulos siguientes se analizarán los motivos y las reacciones básicas de la corrosión.

## Composición química y estructura del vidrio

Normalmente se considera al vidrio como un material duro, quebradizo y transparente. Sus propiedades son sin embargo debidas a su composición química y al proceso de elaboración.

El componente principal del vidrio es la sílice (arena), que actúa como vitrificante. A fin de poder trabajar el vidrio se le añaden varios componentes como fundentes (alcalinos y componentes alcalinotérreos) y colorantes (óxidos metálicos) que tienen su efecto en la estructura y propiedades del material resultante.

El vidrio realizado durante la Edad Media tiene principalmente un bajo contenido en sílice y un alto contenido en potasio y calcio así como otros componentes menores como fosfatos, magnesio y alúmina, etc. Cuanto más alto es el contenido de sílice, mayor es la durabilidad química del vidrio y mayor la temperatura necesaria para su fusión. El componente básico del vidrio son los átomos de silicio, rodeados por oxígeno en unidades tetraédricas. Estos tetraedros de  $\text{SiO}_4$  forman una red tridimensional irregular y no cristalina.

Mediante la adición de los fundentes (calcio y potasio) se rompe la red al quedar abiertos los puentes de oxígeno y formarse nuevos enlaces iónicos. Esto origina un vidrio altamente sensible a la corrosión. El vidrio medieval está formado por diferentes óxidos y su composición puede variar de forma significativa de un tipo a otro. Esto puede observarse en las vidrieras con vidrios relativamente bien preservados junto a otros muy afectados por la corrosión.

## Principios fundamentales de las reacciones de corrosión

Existen muchos parámetros que contribuyen al deterioro del vidrio, por lo que incluso hoy en día el complejo proceso de la corrosión no llega a ser comprendido en su totalidad. Un gran número de publicaciones sigue ocupándose de su investigación. Por ejemplo, la existencia del agua es en casi todos los casos necesaria para iniciar el proceso de corrosión. En las publicaciones sobre el tema se describen tres vías básicas de reacción o de corrosión: corrosión bajo condiciones ácidas, alcalinas y neutras. Por lo que respecta a las vidrieras hemos de tener en consideración, principalmente, la corrosión bajo condiciones ácidas.

La reacción principal es el intercambio de iones. En ella, los iones modificadores de la red como el potasio y el calcio, son intercambiados por protones procedentes de componentes ácidos como el ácido acético o el ácido sulfúrico. Este proceso conduce a la formación de una capa de

gel que desempeña un papel importante en la preservación de las vidrieras.

La presencia del agua es necesaria para una reacción del vidrio con los componentes de su entorno. Podría afirmarse que, bajo condiciones normales, siempre existe una cierta cantidad de agua en la superficie del vidrio. Esta cantidad depende principalmente de las propiedades de la superficie, la temperatura y la humedad relativa. Cuando esta capa de agua sobre la superficie del vidrio es lo suficientemente gruesa, puede llegar a diluir gases de la atmósfera.

Los gases ácidos como el dióxido de sulfuro o los óxidos de nitrógeno (procedentes de las centrales eléctricas o de los automóviles) se disuelven en la superficie del vidrio e inician las reacciones de intercambio de iones. Esto explica el deterioro de las vidrieras ante un incremento de la contaminación ambiental. Cuanto más elevado es el contenido de iones alcalinos y alcalinotérreos en el vidrio, mayor será el número de zonas disponibles para las reacciones de intercambio de iones. Estos iones alcalinos y alcalinotérreos migran hacia la superficie, lo que da lugar a la formación de una capa de gel de sílice. Esta capa puede alcanzar, por ejemplo, unos 100 micrómetros de grosor en vidrios medievales. En esta capa de gel tienen lugar reacciones posteriores que pueden provocar fisuras y exfoliaciones bajo drásticos cambios de temperatura y humedad relativa. Los restantes iones intercambiados son, o bien eliminados por la lluvia, o bien forman productos de corrosión como el yeso y la singenita; ésto produce una costra de corrosión más o menos gruesa que conduce a una reducción de la transparencia.

Se ha estudiado asimismo otro mecanismo de corrosión en los vidrios pintados que presentan fisuras y no están expuestos a la lluvia, la cual podría eliminar los productos derivados de la corrosión. En un medio neutral o alcalino puede darse una disolución de la red del vidrio, lo que significa la ruptura de los fuertes enlaces de silicio y oxígeno. Los vidrios huecos de los siglos XVII y XVIII con un alto contenido de potasio y un bajo contenido de calcio, llamados “vidrios rezumantes”, son los principales afectados por este tipo de corrosión.



### Las diferentes fases de la corrosión superficial

La corrosión superficial en las vidrieras puede detectarse en distintas fases. La mayor parte de los vidrios medievales se ven afectados por este tipo de corrosión anteriormente descrita, aun cuando el vidrio parezca inalterado. Sin embargo, bajo el microscopio los cambios se aprecian con claridad.

Las microfotografías muestran la progresiva corrosión superficial vista a través de un microscopio electrónico. Los vidrios son vidrios modelo que muestran una conducta idéntica ante la corrosión y una composición química similar a la de los vidrios pintados medievales.



## Los factores intensificadores de la corrosión y sus efectos

Además del papel principal que desempeña la composición del vidrio, existen otros factores que afectan el tipo y el grado de descomposición del vidrio:

- proceso de elaboración del vidrio
  - propiedades de la superficie
  - homogeneidad del vidrio
- tiempo de exposición
- condiciones medio ambientales
  - agua (humedad, condensación, precipitación)
  - cambios de temperatura
  - contaminación ambiental
  - procesos de oxidación provocados por los rayos UVA
  - deposición (polvo, hollín, grasa)
- anteriores tratamientos de conservación
  - tratamientos de limpieza (mecánicos y químicos)
  - tratamientos de consolidación de la capa pictórica mediante calor
  - aplicación inadecuada de recubrimientos protectores
- ataque de microorganismos
  - líquenes, hongos, algas, bacterias
- vibraciones
  - carreteras, ferrocarriles, tráfico aéreo, pequeños seísmos

Como ya se ha mencionado, el agua es el principal agente del medio ambiente que acelera la corrosión aunque, sin embargo, los contaminantes ambientales como el dióxido de sulfuro, los óxidos de nitrógeno y el ozono en combinación con el agua incrementan drásticamente el grado de corrosión. Por un lado aceleran las reacciones de intercambio de iones y por otro reaccionan con los iones alcalinos y alcalinotérreos liberados. Se considera que el primer paso es la reacción del dióxido de carbono con los principales productos de la corrosión, convirtiendo así en carbonatos los hidróxidos producidos por el ataque del agua sobre el vidrio. Este proceso es responsable de la formación de la calcita frecuentemente hallada en las costras producidas por la meteorización, las cuales contienen principalmente yeso y singenita, debido a la reacción con los compuestos sulfúricos de la atmósfera. La costra puede llegar a tener 1 mm de grosor, color blanco pardusco o incluso negruzco, ser blanda y en polvo o extremadamente dura y pétreo.

El efecto del agua y los contaminantes ambientales se hallan estrechamente vinculados al tiempo y la temperatura. Cuanto más altos son la temperatura y el tiempo de exposición, mayor es el grado de corrosión. Los ciclos de cambios térmicos, de condensación y secado, contribuyen de forma especial a acelerar la corrosión. La condensación puede tener lugar en el interior de la iglesia, especialmente cuando se

instalan sistemas de calefacción. Estos ciclos de condensación/ secado pueden dar lugar a la formación de diminutas e inapreciables gotitas que acaban por evaporarse. El álcali extraído del vidrio por las gotitas permanece en la superficie en forma de manchas formando núcleos en los cuales se formarán las gotitas durante la siguiente fase de condensación. Las disoluciones de un elevado pH podrían formarse entonces en las zonas ocupadas por cada gotita provocando un ataque sobre éstos puntos—ésto podría explicar el origen de las picaduras (ver la sección previa “Principios fundamentales de las reacciones de corrosión”).

Otro mecanismo para la formación de picaduras y fenómenos de corrosión podría ser el ataque de los microorganismos. Gran parte de la acción de los microbios está relacionada con el aporte de agua a través de los micelios fúngicos. Se sugiere que los hongos actúan como agentes transportadores de agua y son por lo tanto, fuerzas hidratantes comparables a la acción de un hilo de lana. Además de aportar agua, las bacterias y los hongos actúan como agentes físicos y químicos debido a la formación de determinados ácidos, entre los cuales cabe destacar los ácidos cítricos y oxálicos. Los líquenes, algas, hongos y bacterias pueden metabolizar, lixiviar, acumular y volver a depositar calcio, potasio, magnesio, manganeso, etc.

El crecimiento orgánico en ambas caras de los vidrios de las vidrieras tiene obviamente lugar en entornos cálidos y húmedos, así como allí donde exista una mínima aportación de los elementos y nutrientes biológicos esenciales. El ataque de los microorganismos puede dar lugar a especiales modelos de incisión en el vidrio, picaduras de origen biológico, desalcalinización, manchado (oscurecimiento) y deposiciones como oxalato cálcico. El fenómeno del oscurecimiento de los vitrales no ha llegado todavía a entenderse. Los rayos UVA provocan reacciones de oxidación/reducción de los óxidos de manganeso y hierro que son entonces depositados a lo largo de las microfisuras de la capa de gel, lo que acaba dando lugar a una total falta de transparencia.

Los inadecuados tratamientos de conservación del pasado, como por ejemplo limpiezas mecánicas o químicas, pueden dañar la superficie del vidrio creando ralladuras allí donde se han iniciado procesos de corrosión o pueden facilitar la lixiviación de iones.

---

## Evaluación del impacto ambiental

En los estudios sobre conservación, la evaluación de la agresión y corrosión ambiental tiene una función clave desde varios puntos de vista. Una investigación básica sobre la interacción entre los materiales y las tensiones ambientales en el propio emplazamiento o edificio puede ayudarnos a entender en detalle los procesos del deterioro y los mecanismos de la corrosión. La relación entre la corrosión en distintas situaciones concretas de tensión y los procesos de deterioro resultantes puede ser esencial para el diseño de las medidas de protección adecuadas. A fin de poder valorar la acción protectora de los métodos de conservación anteriormente aplicados es, asimismo, de gran interés, la valoración de los efectos combinados de la corrosión provocados por influencias

climáticas, los parámetros afines de contaminación y los efectos sinérgicos.

En el campo de la conservación de vidrieras, las últimas tendencias se caracterizan por la transferencia de métodos modelo de análisis desde el campo de la climatología e ingeniería ambiental hacia la investigación aplicada a la conservación. Las mediciones pueden centrarse en parámetros individuales como la temperatura, humedad del aire, efectos de condensación, concentración de contaminantes, precipitaciones y agua de condensación, estudio de los microbios. El espectro de parámetros ambientales relevantes, así como los esfuerzos por analizarlos puede ser todo lo amplio que se desee.

Hasta la fecha, el conocimiento de conclusiones precisas entre todas estas influencias y el impacto resultante sobre los materiales es todavía fragmentario. A fin de poder hacer frente a estas restricciones se hizo necesario crear un método alternativo y globalizador que valorara los niveles totales de las tensiones. Los estudios que utilizan el material original de las vidrieras se ven restringidos por la heterogeneidad de los distintos factores, la complejidad de las capas superficiales alteradas y, en la mayoría de los casos, la falta de documentación sobre la historia concreta de las muestras.

Así pues, podemos obtener una solución a estos problemas mediante el uso de materiales de simulación, los llamados vidrios sensores, los cuales ofrecen cuantitativamente los mismos fenómenos de corrosión pero en un espacio de tiempo mucho más corto, obteniéndose así una comparación fiable de las distintas muestras y situaciones ambientales. Los vidrios sensores están basados en vidrios silíceos con cargas de potasio y calcio de escasa durabilidad, al igual que los vidrios pintados medievales, muy sensibles a los ataques de la corrosión. Esta técnica de fácil manejo puede detectar el potencial impacto combinado. Dada la sensibilidad del vidrio dosímetro se pueden emitir juicios acerca de los ataques de la corrosión y los riesgos de deterioro en un plazo de doce meses.

El principio del Método de los Vidrios Sensores se basa en el registro de los impactos combinados del medio ambiente. La superficie del vidrio sensor reacciona interactivamente con su medio más cercano, produciendo alteraciones en la capa superficial:

- lixiviación del potasio y el calcio
- formación de una capa de gel
- formación de una costra de corrosión

El grado y la cinética de estas alteraciones, así como la cristalización de la costra de corrosión se corresponden con el nivel total de tensión durante la exposición, integrando todas las influencias ambientales efectivas y sus interacciones sinérgicas. Esto puede determinarse mediante distintos métodos rutinarios de análisis. Los datos se recogen antes y después de la exposición de los vidrios sensores. Los dos efectos principales de la corrosión, la lixiviación de la capa de gel y el aumento de la capa de corrosión cristalina (K-Ca hidratos de sulfato) producen en los espectros de

infrarrojo del vidrio examinado un aumento de intensidad en la banda de absorción del OH. Cuanto más elevado es el aumento en la banda de absorción del OH, mayor es el ataque de la corrosión. Los análisis microscópicos adicionales permiten además valoraciones cualitativas y semicuantitativas acerca del grado de corrosión.

El Método de los Vidrios Sensores es un instrumento muy valioso en el campo de la conservación de vidrieras, por ejemplo, para valorar la efectividad de los acristalamientos exteriores los cuales son actualmente una medida de protección ampliamente aceptada. Así pues, mediante los vidrios sensores pudieron estudiarse tres tipos distintos de ventilación en los acristalamientos protectores (ventilación interna, externa y sin ventilación). Los resultados muestran claramente que la eficacia más elevada se obtiene mediante un acristalamiento protector con ventilación interna, mientras que la ventilación externa no muestra efecto protector alguno. El acristalamiento protector no ventilado ofrece el peor nivel de eficacia. Hasta la fecha se han estudiado un gran número de acristalamientos protectores mediante los vidrios sensores, lo que ha llevado a la conclusión de que los acristalamientos protectores con ventilación interna ofrecen una mayor eficacia que los modelos de ventilación externa o sin ventilación. Aun así, cada vidriera y cada acristalamiento protector presentan una situación única en cuanto a la situación climática global, el tamaño de las aberturas, el clima en el interior, etc., y necesitan por tanto una evaluación personal del efecto protector obtenido.

---

## Conclusiones

El proceso de corrosión es un mecanismo muy complejo. Muchos de los factores que favorecen la corrosión se conocen con precisión, sin embargo no se conocen todas las influencias que puedan deteriorar los maravillosos testimonios de la Edad Media. Dado que la contaminación ambiental juega un papel principal en el aceleramiento del proceso de corrosión, es necesario proteger las vidrieras históricas mediante acristalamientos protectores altamente eficaces, así como evaluar las tensiones ambientales a las que se ven expuestas a fin de preservarlas para las futuras generaciones.

---

## Agradecimientos

La autora quisiera agradecer a la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo de Santander, y al Instituto Getty de Conservación, Los Angeles, la invitación al seminario sobre "Conservación de vidrieras históricas. Análisis y diagnóstico de su deterioro. Restauración", julio de 1994 en Santander, España. Quisiera agradecer a la Doctora Nieves Valentín (Instituto del Patrimonio Histórico Español, Madrid), la organización y buena colaboración.



Lámina 1  
Oséo, Rey David y Daniel. Tres de los cinco personajes en un vitral de la Catedral de Augsburgo, Alemania.



Lámina 2  
Obispos y monjes católicos son precipitados en "un molino de sacerdotes" por figuras grotescas de protestantes y transformados en serpientes y criaturas horribles. Vitral suizo del siglo 16 que se encuentra actualmente en el Museo Nacional de Zurich.



Lámina 3  
Detalle de vidriera "Tonalidades coloreadas de música" por Georg Meistermann. Estación de radio en Colonia, Alemania.

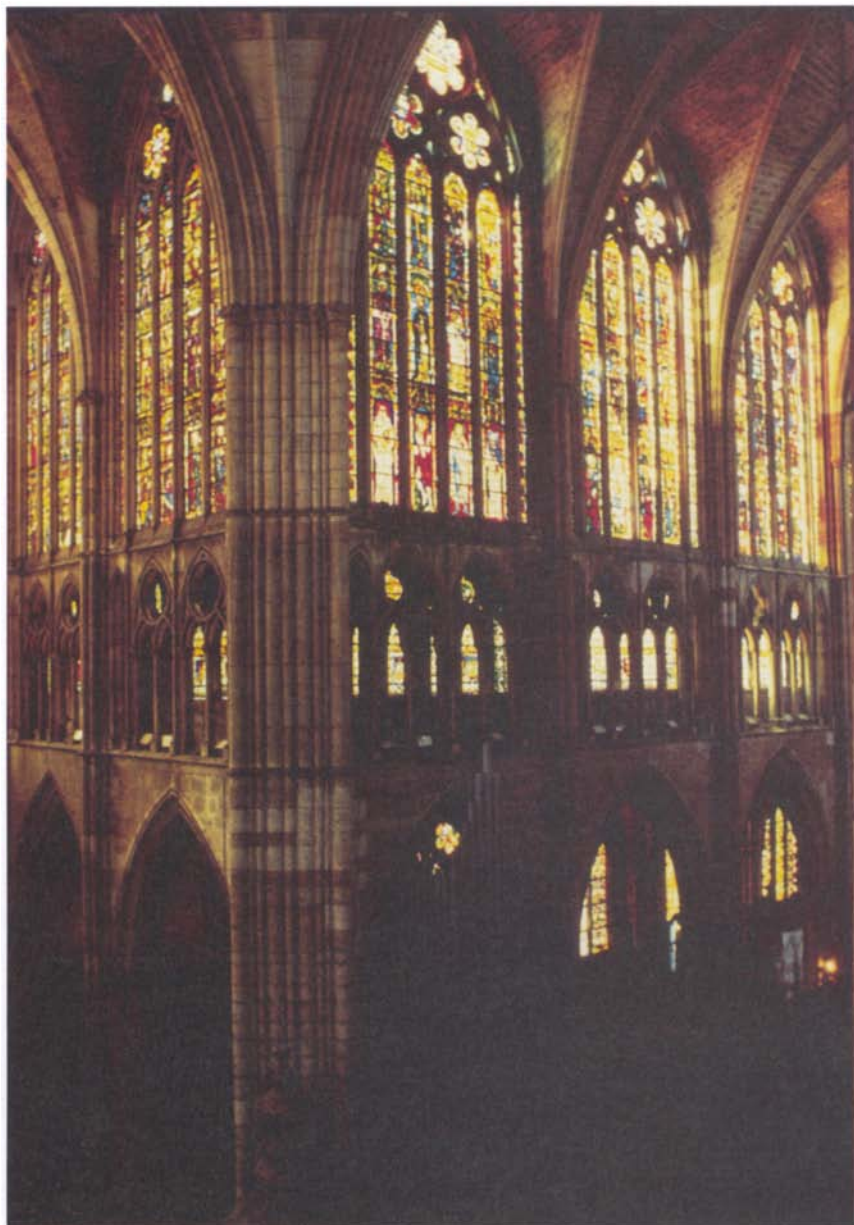


Lámina 4  
Interior de la Catedral de León.



Lámina 5  
Ventana alta número 1, con una figura renacentista.

Lámina 6  
Ventana alta número 5, llamada de la cacería.

Lámina 7  
Ventana alta número 31, de los ángeles músicos.



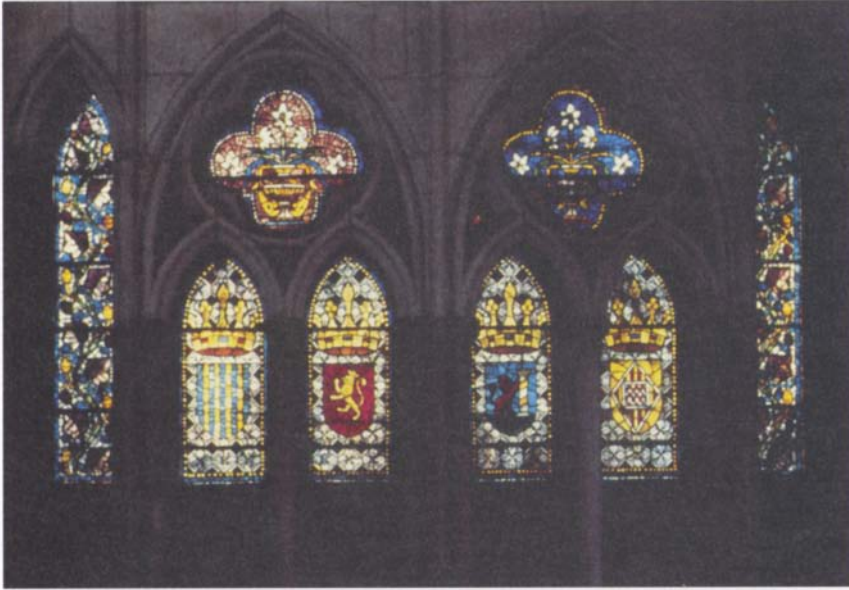


Lámina 8  
Ventanas del triforio.



Lámina 9  
Ventana baja.



Lámina 10

Bóveda de crucería y paramento vítreo del triforio de la Catedral de León.

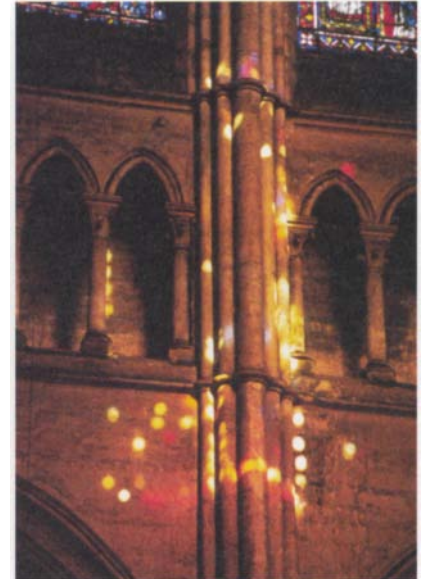
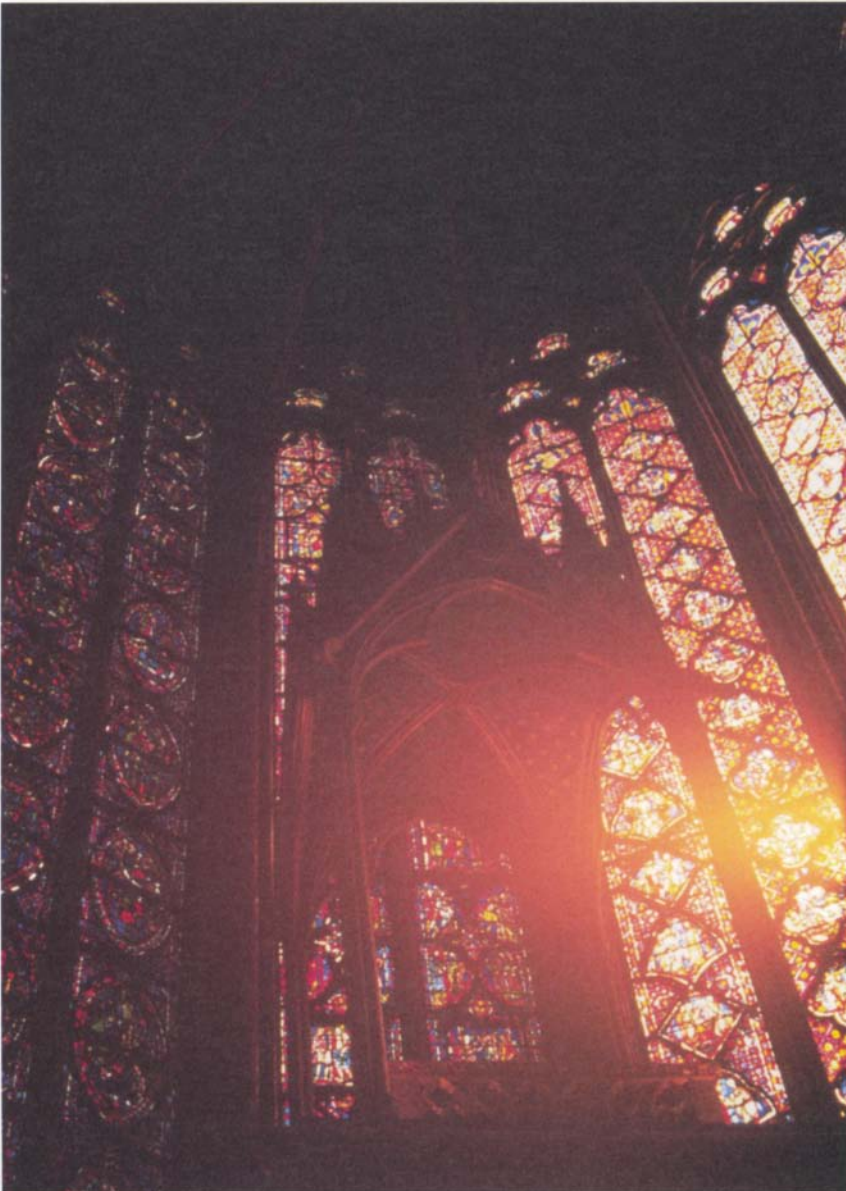


Lámina 11

Izquierda. Reflejo del "resplandor de la Jerusalén Celeste" en la Santa Capilla de París.

Lámina 12

Arriba. Las cruces de colores como símbolo de la Luz. Triforio de la Catedral de Chartres.



Lámina 13  
Nave, Audincourt.

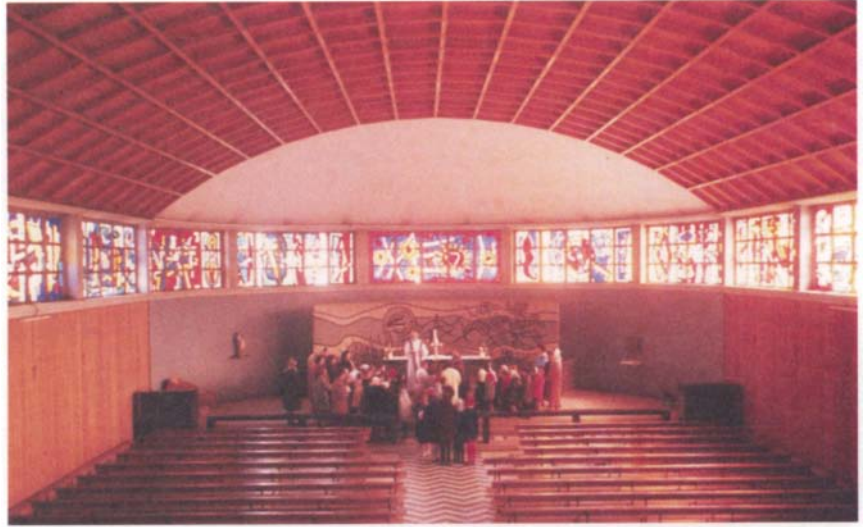


Lámina 14  
Léger: Las cinco llagas.



Lámina 15  
Léger: Las pinzas y los clavos.



Lámina 16  
Léger: El árbol de la vida.



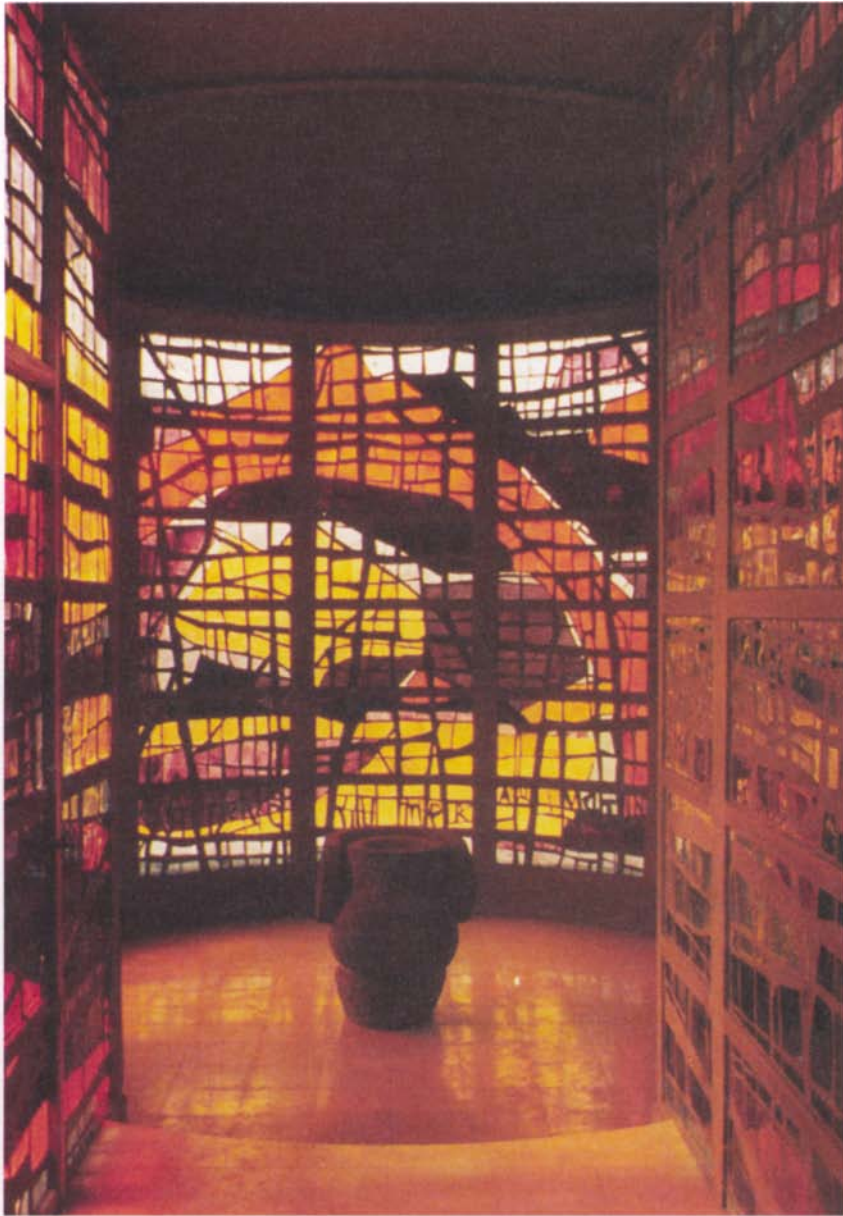


Lámina 17  
Izquierda. Bazaine: Baptisterio



Lámina 18  
Arriba. Bazaine: Baptisterio, detalle.

Lámina 19  
Derecha. Chapelle Vence.

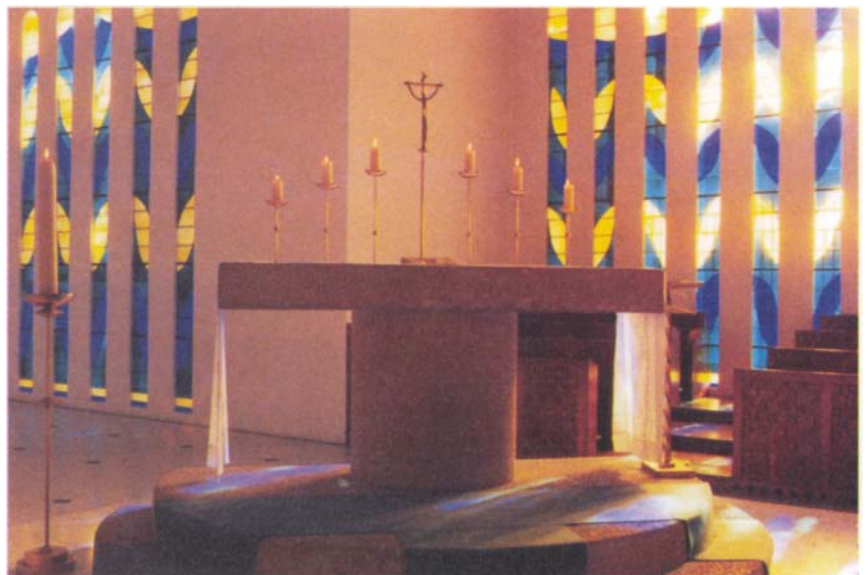
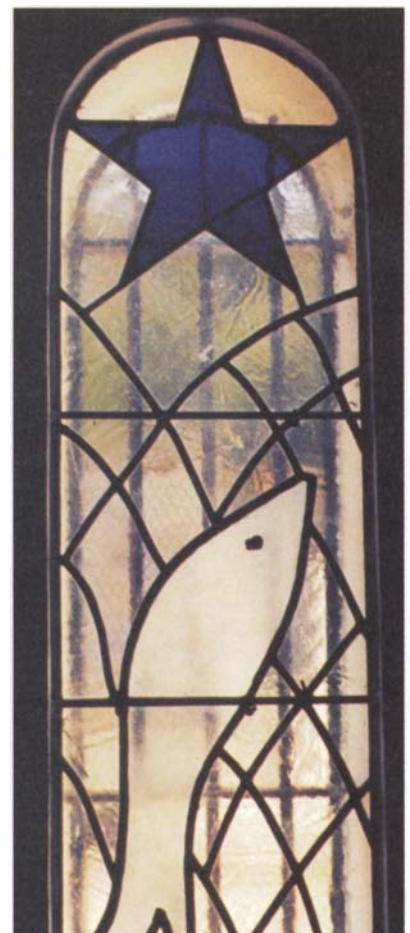




Lámina 20  
Arriba. Vence, capilla interior.

Lámina 21  
Abajo. Vidriera del altar, Vence.

Lámina 22  
Derecha. Vitral del pez, Vence.



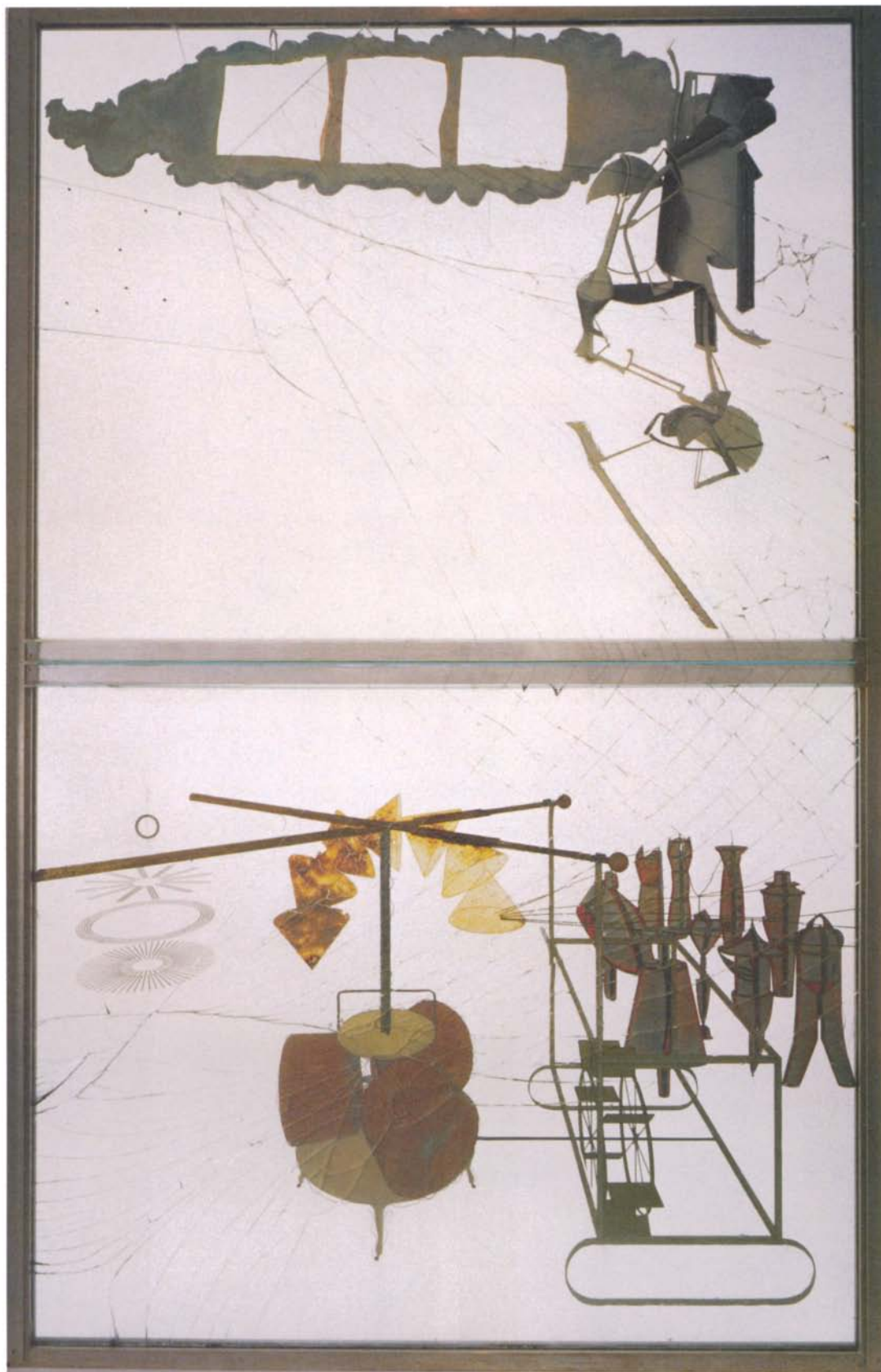


Lámina 23  
Marcel Duchamp, *La mariée mise à nu par ses  
célibataires, même.*

# El deterioro de los vidrios pintados medievales. Caracterización analítica del proceso de corrosión y sus consecuencias para los tratamientos de prevención

*Manfred Schreiner*

**L**OS VIDRIOS PINTADOS medievales utilizados en las vidrieras de las catedrales, iglesias u otros edificios históricos, comparados con los vidrios antiguos o los vidrios comunes modernos, se encuentran en seria desventaja en cuanto a su estabilidad química. El número total de vitrificantes tales como la sílice o la alúmina, principales componentes responsables de su durabilidad química, era muy escaso, incorporándose a la estructura silícea potasio en lugar de sodio mediante el uso de materias primas locales. Al norte de los Alpes, lo más común en aquella época era una mezcla de arena y dos partes de madera de haya o cenizas de helecho y creta (Newton 1982). Es sabido que los vidrios de sodio son el doble de duraderos que los vidrios que contienen unas cantidades comparables de óxido de potasio (Schreiner y Scholze 1985; Clark, Pantano y Hench 1979; Cox y Gillies 1986; Pérez y Jorba et al. 1980).

El proceso de deterioro comienza desde el momento mismo en que el vidrio es fabricado. La exposición a la humedad ambiental conduce a la formación sobre la superficie del vidrio de la llamada capa lixiviada, tal y como se refleja en Newton (1982), Schreiner y Scholze (1985), Clark, Pantano y Hench (1979), y Scholze (1982). Los elementos alcalinos en el vidrio como Na y K y en algunos casos también alcalinotérreos como Ca y Mg se ven mermados en la zona superficial, aumentando el hidrógeno en comparación con el cuerpo del vidrio. Este fenómeno se explica normalmente por el proceso de interdifusión



en el cual los iones alcalinos del vidrio son intercambiados por hidrógeno o por especies del medio ambiente portadoras de hidrógeno (Scholze 1982; Bunker et al. 1983). El objetivo de esta contribución es el describir los fenómenos de la meteorización observados en objetos de vidrio pintados medievales de procedencia austriaca. Como prolongación de otros estudios (Schreiner 1984, 1988a) donde se expusieron las composiciones químicas de vidrios pintados y los productos de la meteorización, se realizaron investigaciones analíticas de la superficie mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectrometría de masas de iones secundarios

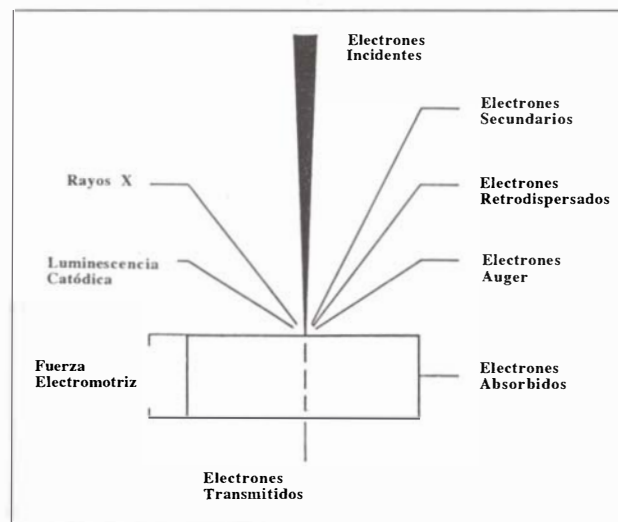
(SIMS) y análisis de reacción nuclear a fin de obtener información de las condiciones morfológicas y químicas en las superficies de vidrio afectadas por la meteorización. Se realizaron asimismo experimentos con vidrios modelo fundidos en el Fraunhofer-Institut für Silicatforschung de Würzburg, Alemania, examinándose su conducta de lixiviación en disoluciones acuosas de ácido clorhídrico, sulfúrico, nítrico y oxálico. Pudo hacerse uso de mediciones con microscopía de fuerza atómica sobre el terreno, tanto por vía húmeda como en el aire, a fin de estudiar la influencia de la topografía de la superficie del vidrio en el proceso de meteorización.

## Técnicas analíticas

La química analítica moderna ofrece un gran número de métodos bien conocidos, los cuales pueden ser aplicados para la caracterización material de obras de arte y objetos arqueológicos (Schreiner y Grasserbauer 1985; Lahanier, Preusser y Van Zelst 1986). Las técnicas microanalíticas, las cuales preservan las muestras mediante la realización de varias investigaciones simultáneas o escalonadas, son especialmente ventajosas para los objetos de vidrio, en los cuales el muestreo es bastante difícil o incluso imposible. Por lo tanto, se aplicaron principalmente técnicas analíticas de haces de electrones e iones para el estudio de las muestras tomadas de pinturas austriacas sobre vidrio.

Figura 1

Señales generadas por la interacción de electrones primarios con un material sólido: los electrones secundarios y retrodispersados son utilizados en la microscopía electrónica de barrido (SEM) y los rayos X en análisis químicos mediante un microanalizador de rayos X por dispersión de energías en una SEM.



La alta resolución y especialmente la gran profundidad de campo de la microscopía electrónica de barrido (SEM) permite investigar directamente la superficie del vidrio afectado por la meteorización. Tal y como se muestra en la Figura 1, mediante el uso de señales de electrones secundarios o retrodispersados, se puede obtener una caracterización de los productos de la corrosión así como de la morfología de la superficie del vidrio formada durante el proceso de deterioro. De esta forma podemos obtener información analítica pues el impacto de los electrones primarios genera unos rayos X específicos, característicos de los elementos presentes

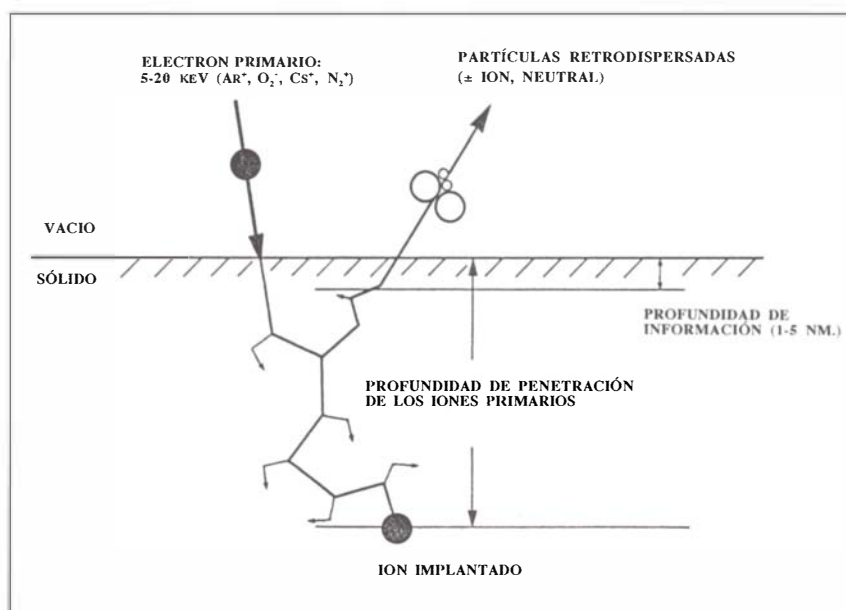
tanto en el vidrio como en los productos de la corrosión. Asimismo, en la superficie de la muestra o en un corte en sección de la misma, se pueden determinar los cambios en la composición química de la superficie del vidrio en comparación con la del cuerpo, utilizando la SEM en combinación con un microanalizador de rayos X por dispersión de energías. No obstante, hemos de tener en cuenta que al analizar materiales oxidables como los vidrios de silicato, la información analítica obtenida es del orden de unos pocos micrómetros.

La espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) puede utilizarse para los análisis de distribución de los componentes del vidrio así como para el hidrógeno de la capa lixiviada con una resolución en profundidad de unos cuantos nanómetros ( $10^{-9}$  m) dado su amplio y dinámico espectro. El análisis comienza enfocando cuidadosamente en la muestra un haz de iones energético ( $\text{Ar}^+$ ,  $\text{O}_2^+$ ,  $\text{O}^-$  etc.), tal y como refleja la Figura 2. Al perder su energía durante las múltiples colisiones, los iones primarios desplazan los átomos de la superficie del vidrio. Estos iones secundarios expulsados son extraídos y analizados mediante espectrómetro de masas según su relación masa/carga. La aplicación de la SIMS para el análisis de los vidrios es un procedimiento complejo debido a la carga de las muestras, la cual tiene lugar mediante un bombardeo energético de iones durante los análisis de los aislantes (Schreiner 1988b, 1989). Las interferencias en el espectro entre los iones moleculares procedentes del material seleccionado o del medio al vacío, reducen asimismo el alto grado de desprendimiento de ciertos elementos. Ha de destacarse el hecho de que la SIMS es, en un sentido estricto, una técnica destructiva dado que origina la formación de un cráter durante el análisis, si bien invisible al ojo humano.

Mediante los análisis de reacciones nucleares (NRA), los cuales fueron utilizados para los análisis de distribución del hidrógeno, se obtiene asimismo información cuantitativa en profundidad. Esta técnica analítica

Figura 2

Esquema de la interacción energética entre sólidos e iones y el proceso de desplazamiento ("sputtering process") en la espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS).



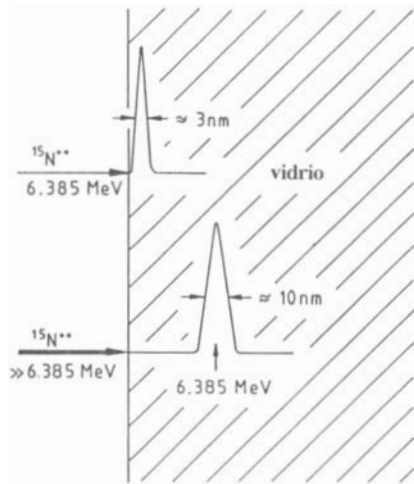
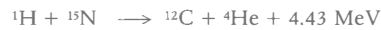


Figura 3

Arriba. Esquema de un análisis de reacción nuclear (NRA) para perfilar el hidrógeno en el vidrio: incrementando la energía en el haz de iones proyectado, la “ventana de resonancia” puede ir profundizando progresivamente en el vidrio.

depende de la reacción nuclear de resonancia entre el hidrógeno y el nitrógeno-15, la cual conduce a una partícula alfa y a las características radiaciones gamma 4.43 MeV (Rauch 1985; Lanford 1986). Con la reacción de resonancia



y una energía de 6.385 MeV de los iones primarios, se obtiene en la superficie de los vidrios una resolución en profundidad de aproximadamente unos 8 nm., tal y como se refleja en la Figura 3. Al aumentar la energía de  ${}^{15}\text{N}$  por encima de la energía de resonancia (6.385 MeV) puede determinarse la distribución en profundidad del hidrógeno dado el estrecho margen de energía de la reacción de resonancia (aproximadamente 6 keV). Estas investigaciones pudieron ser realizadas en el Instituto de Física Nuclear de la Universidad J. W. Goethe de Frankfurt, Alemania, donde el acelerador 7 MV Van der Graaff distribuye el haz de iones  ${}^{15}\text{N}$  (Schreiner, Grasserbauer y March 1988).

Se realizaron mediciones con microscopía de fuerza atómica (AFM), por vía húmeda y en el aire, a fin de poder estudiar el proceso de corrosión, especialmente la influencia de la topografía del vidrio escogido. La invención del microscopio de barrido por túnel (“scanning tunneling microscope”) por Binnig y Rohrer (Binnig et al. 1982) y de la AFM por Binnig, Quate y Gerber (1986), nos permite obtener una imagen de resolución atómica de las superficies en el espacio real. En la AFM, una pestaña afilada situada sobre un resorte flexible entra en contacto con la muestra, escaneando su superficie mediante unos lectores eléctricos, tal y como se muestra en las Figuras 4 y 5. La fuerza que tiene lugar sobre la pestaña va cambiando según la topografía de la muestra, lo que produce una desviación variable en la palanca; ésta es normalmente medida mediante la desviación de un rayo láser hacia una pieza levadiza que a su

Figura 4

El principio de la microscopía de fuerza atómica (AFM): la superficie de una muestra es escaneada mediante un traductor eléctrico.

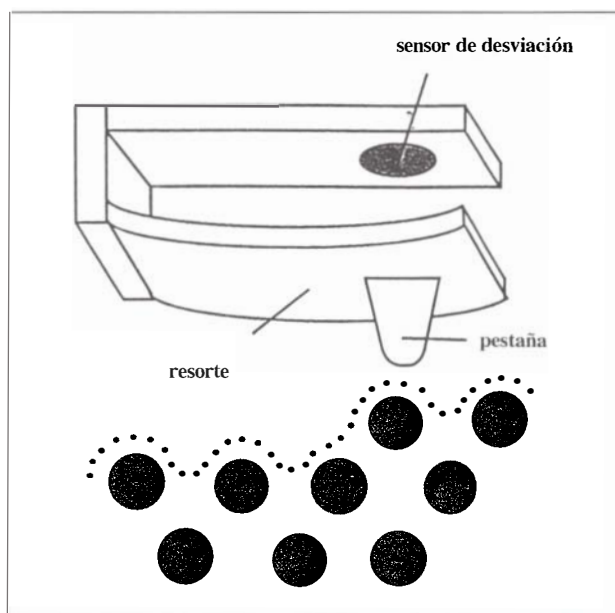
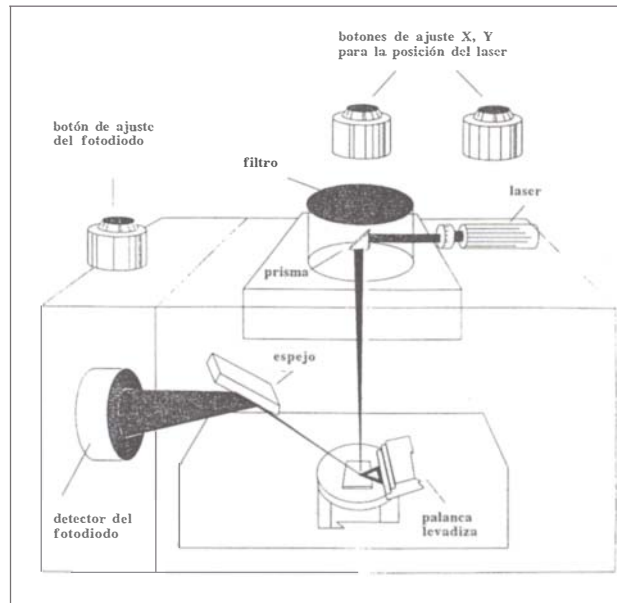




Figura 5

Esquema del sistema utilizado en el NanoScope III AFM (Digital Instruments, Santa Barbara, Calif.) para detectar el movimiento de la estructura voladiza.



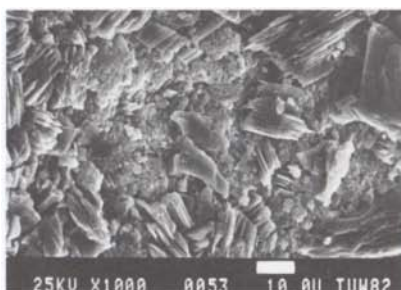
vez lo proyecta hacia un fotodiodo de doble segmento. La Figura 5 muestra el esquema de un instrumento comercializado como los existentes en el Instituto de Química Analítica de la Universidad de Tecnología en Viena, Austria.

## Resultados y conclusiones

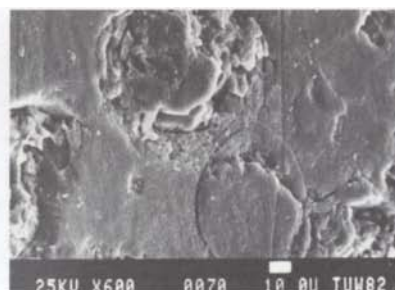
Figura 6a-c

a) Micrográfico SEM de un vidrio con costras en el que toda su superficie está recubierta de productos originados por la meteorización, tales como yeso, singenita (placas en forma de cristales) y sílice informe hidratado. b) Micrográfico SEM de un vidrio medieval con corrosión en picaduras y grietas alrededor de los hoyos. c) La intensificación de la corrosión en picaduras conduce a la formación de costras en la superficie del vidrio.

Las muestras investigadas fueron tomadas de vidrios pintados medievales austriacos del siglo XII al XIV que se hallaban en zonas urbanas, industriales y rurales. Dependiendo de su durabilidad y las condiciones medio ambientales pueden distinguirse, en líneas generales, tres tipos de deterioro superficial: costras, picaduras y vidrios aparentemente inalterados. Las costras en las muestras se caracterizan por su apariencia opaca más o menos uniforme originada por la meteorización y están compuestas de yeso, singenita y sílice informe (Figura 6a), tal y como se refleja en otros escritos del autor (Schreiner 1984, 1988a). Este tipo de corrosión tiene normalmente lugar en los vidrios de vitrales medievales con unos contenidos de sílice muy bajos (aproximadamente 50% de  $\text{SiO}_2$  del peso total) y grandes cantidades de potasio y óxidos de calcio. Los vidrios que contienen grandes cantidades de vitrificantes ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , etc.) son especialmente susceptibles a la corrosión en picaduras, típica



a



b



c

meteorización en los vidrios medievales. Tal y como podemos apreciar en las Figuras 6b y 6c, las microzonas de 50–150  $\mu\text{m}$  de diámetro muestran un claro deterioro material, aun cuando la superficie circundante del vidrio parezca inalterada. Dentro de estas zonas se originan grietas en las cuales se localizan los minúsculos productos de la corrosión. Un análisis elemental realizado mediante microanálisis de rayos X por dispersión de energías en SEM reveló una notable reducción de los fundentes de la red como K y Ca en comparación con el cuerpo del vidrio, tal y como se aprecia en la Figura 7.

Esta reducción del potasio y el calcio puede también detectarse, hasta cierto punto, en las muestras de vidrio aparentemente no deterioradas, las cuales muestran una superficie lisa y generalmente inalterada. Este tipo de vidrio muestra una pequeña iridiscencia o ciertas picaduras incipientes debidas a una prolongada exposición al medio ambiente. Los análisis químicos revelaron que los vitrales cuyos vidrios ofrecen un contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) aproximadamente superior al 60% del peso total, muestran una gran resistencia al deterioro. No obstante, en las vidrieras austriacas medievales, los vidrios pintados de color verde oscuro muestran asimismo una superficie prácticamente no deteriorada, a pesar de que el contenido de  $\text{SiO}_2$  es tan bajo como en las muestras de vidrio con una superficie llena de costras. Aparte de óxido de silicio, potasio y calcio, este tipo de vidrio contiene grandes cantidades de óxido de plomo y fósforo, siendo el cobre el agente colorante. Todavía no está claro si estos vidrios fueron fabricados localmente o fueron importados.

Tal y como pudo observarse mediante SEM en los cortes en sección o en las fracturas, tanto los vidrios de vidrieras medievales con formación de costras como las muestras con corrosión en picaduras, se caracterizan por una capa lixiviada de 20–100  $\mu\text{m}$  de grosor. Mediante SIMS y NRA se analizaron tanto los vidrios de calcio, potasio y sílice, aparentemente no deteriorados, como los vidrios de color verde oscuro con óxido de plomo, a fin de determinar la formación de una capa lixiviada. La Figura 8 muestra la distribución en profundidad de los elementos presentes en el vidrio. En este caso la capa lixiviada tiene ya una profundidad de unos cuantos micrómetros y es ahí donde los fundentes como K, Ca, Ba, Mg y Pb se ven reducidos y el hidrógeno enriquecido. Al contrario de lo que sucede en la capa lixiviada donde los fundentes se ven reducidos, el perfil mediante SIMS muestra una cantidad creciente de elementos lixiviados en la región más superficial, lo que indica la formación en superficie de una capa alterada, tal y como se refleja en otros escritos (Schreiner 1989; Tomozawa y Capella 1983).

Con vidrios modelo lixiviados con  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_2$  y ácido oxálico se obtuvieron, en líneas generales, similares resultados y distribuciones en profundidad de los componentes del vidrio. Se utilizaron dos tipos de vidrios preparados en el Fraunhofer-Institut für Silicatiforschung de Würzburg, Alemania: Vidrio MI con 3,2% de  $\text{Na}_2\text{O}$ , 18,9% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 5,0% de  $\text{MgO}$ , 17,8% de  $\text{CaO}$ , 1,8% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,4% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y 53,1% de  $\text{SiO}_2$ ; Vidrio MIII con 8,9% de  $\text{K}_2\text{O}$ , 29,2% de  $\text{CaO}$  y 61,7% de  $\text{SiO}_2$ . Las muestras de vidrio se trataron en soluciones acídicas y la

Figura 7

Resultados del microanálisis de rayos X por dispersión de energías: la reducción de los componentes del vidrio dentro de las grietas en la Figura 7 en comparación con el cuerpo del vidrio refleja el proceso de lixiviación.

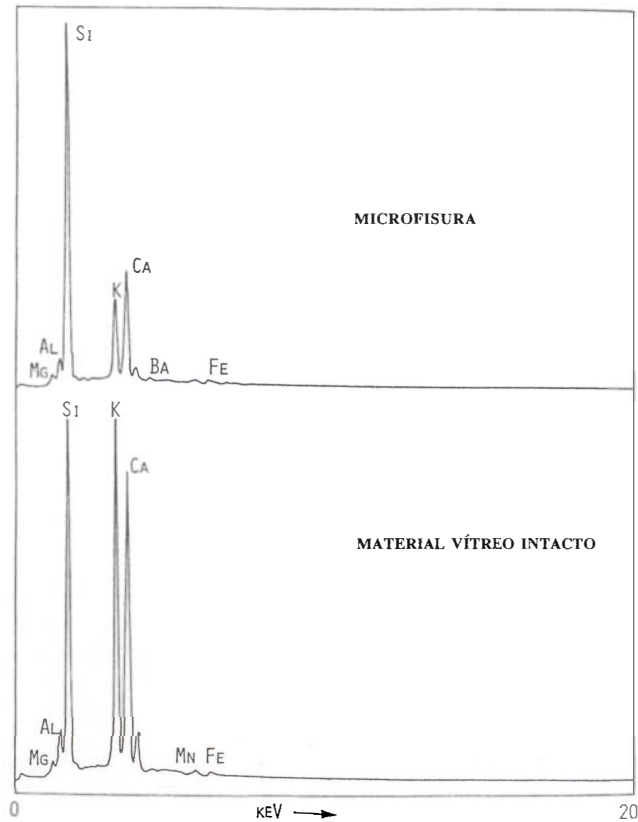
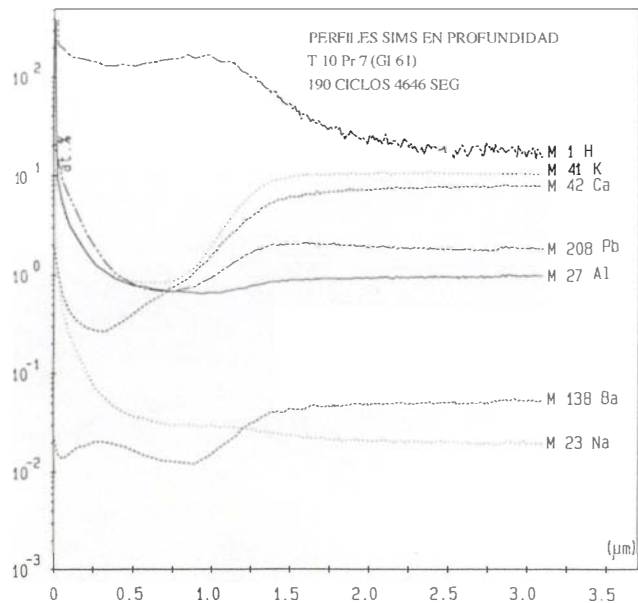


Figura 8

Distribución cuantitativa en profundidad de los isótopos  $^{41}\text{K}$ ,  $^{42}\text{Ca}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{27}\text{Al}$ ,  $^{138}\text{Ba}$  y  $^{23}\text{Na}$  en vidrios medievales meteorizados de forma natural, obtenida mediante SIMS. Visto desde un corte en sección de  $^1\text{H}$ , el hidrógeno se ve enriquecido en la capa lixiviada.



cantidad de K y Ca lixiviada por los medios de corrosión fue determinada mediante espectroscopia de absorción atómica. Tal y como se aprecia en las Figuras 9 y 10, no sólo la composición del vidrio sino también el tipo y concentración del ácido utilizado ejercen una fuerte influencia sobre el proceso de lixiviación. Además, en concentraciones poco ácidas ( $10^{-4}$  N) tiene lugar una lixiviación selectiva del K mientras que en soluciones ácidas de  $10^{-2}$  N la proporción de K/Ca en la capa lixiviada es similar a la

del vidrio, tal y como se refleja en otro artículo más extenso (Schreiner, Bauer y Rendl, s/f). Las distribuciones del hidrógeno en profundidad, representadas en la Figura 11, muestran un enriquecimiento del mismo en la capa lixiviada de hasta el 30%.

Figura 9  
Lixiviación de Vidrio MI en  $10^{-4}$  N  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y ácido oxálico.

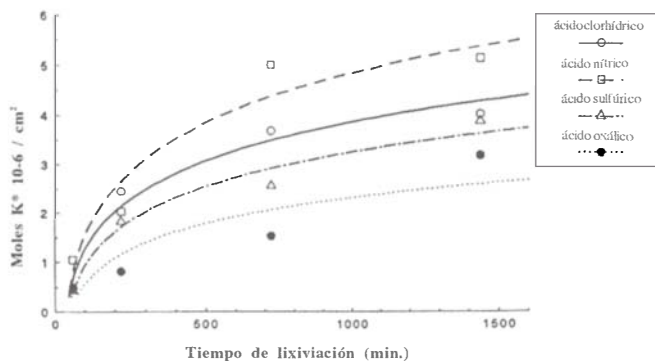


Figura 10  
Lixiviación de Vidrio MIII en  $10^{-2}$  y  $10^{-4}$  N  $\text{HCl}$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

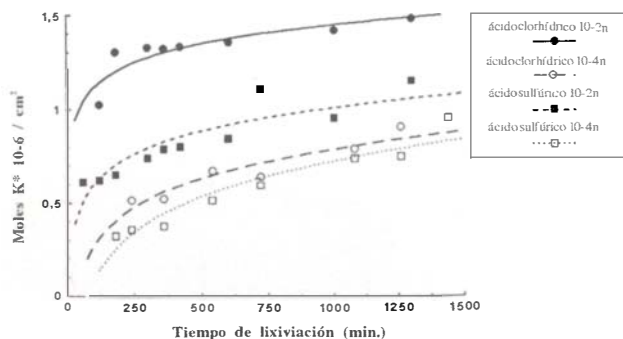
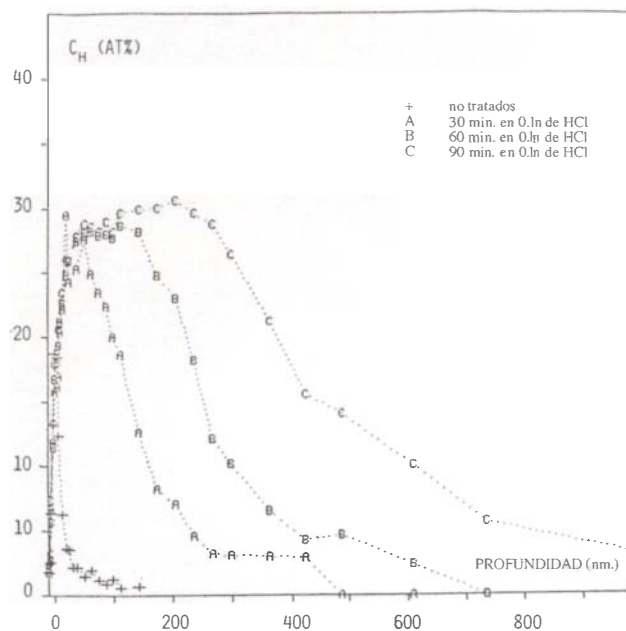


Figura 11  
Perfiles cuantitativos del hidrógeno en profundidad medidos mediante NRA en un Vidrio MIII lixiviado en  $10^{-1}$  N  $\text{HCl}$  durante 30, 60 y 90 min.



Dentro del proyecto de investigación se están llevando a cabo, mediante microscopía de fuerza atómica, investigaciones sistemáticas con el fin de estudiar también la influencia de la topografía de la superficie del vidrio en los procesos de lixiviación y meteorización. Las muestras de Vidrio MII y MIII, pulidas tanto por fuego como mecánicamente, son expuestas a distintas disoluciones acídicas y a la humedad ambiental. Tal y como se aprecia en las Figuras 12 y 13, las ralladuras provocadas por el pulido mecánico son detectadas mediante AFM y los productos de la meteorización de hasta unos cientos de nanómetros de tamaño pueden observarse tras unas cuantas horas de exposición al aire libre, especialmente a lo largo de las ralladuras originadas por el pulido. En la Figura 14, se ha obtenido para la superficie del vidrio una rugosidad media de 2,35 nm., mientras que la misma muestra de vidrio MI, tras 6 horas de exposición al aire libre, tiene una rugosidad media de 13,1 nm.

Figura 12

Superficie de un Vidrio MI mecánicamente pulido, vista con AFM; la rugosidad media es de 2,35 nm.

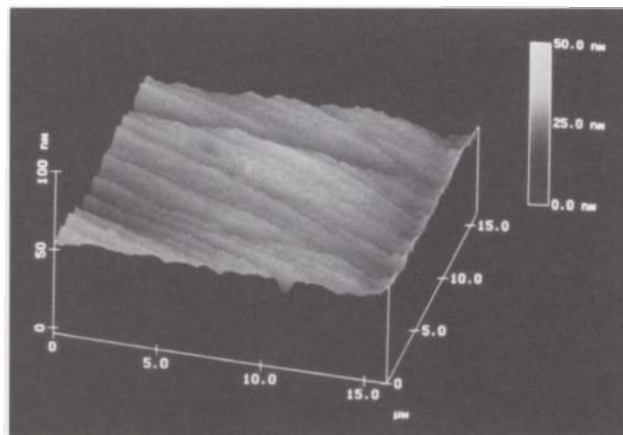
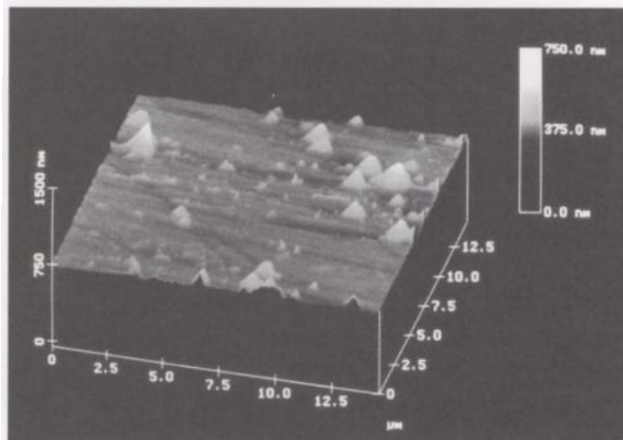


Figura 13

Cambio en la rugosidad de la superficie del Vidrio MI tras 6 horas de exposición a la humedad ambiental; la rugosidad media es de 13,1 nm.



## Conclusión

Las investigaciones analíticas realizadas con vidrios originales medievales procedentes de Austria, muestran que el proceso de meteorización está regido por un mecanismo de intercambio de iones en el cual los fundentes monovalentes (potasio y sodio) así como los bivalentes (calcio, magnesio y plomo) se ven desplazados por componentes acuosos y las especies

portadoras de hidrógeno son incorporadas a la estructura silícea. La cinética de este proceso depende de la composición química, en especial del contenido de los vitrificantes como sílica y alúmina, de las capas superficiales formadas durante el proceso de meteorización, así como de los componentes del medio ambiente. Los experimentos sistemáticos de lixiviación con vidrios modelo mostraron que la lixiviación selectiva de K tiene lugar en medios de corrosión acídicos de  $10^{-4}$  N, mientras que en soluciones acídicas de  $10^{-2}$  y  $10^{-1}$  N, el porcentaje de K/Ca en la capa lixiviada es similar al del vidrio.

La restauración y conservación del vidrio medieval ha de perseguir no sólo el restablecimiento de la expresión holística de un objeto sino también la ralentización del proceso de deterioro. En la bibliografía se describen en detalle un gran número de técnicas disponibles (Frenzel 1985; ICCROM 1972–93). Teniendo en cuenta que la mayoría de los objetos del románico y gótico han sido a menudo “restaurados” a lo largo de su historia, lo que en la mayoría de los casos originó una reducción y pérdida del material original, y dado que el deterioro del vidrio amenaza con su total destrucción, hemos de tomar algún tipo de medidas a fin de preservarlos para el futuro, aun cuando estos objetos hayan resistido el gran daño que supone la meteorización durante siglos o, en el caso de las vidrieras más tempranas, incluso un milenio. En general, todos los métodos como el laminado del vidrio, los recubrimientos protectores a base de resinas sintéticas, los tratamientos de la superficie con componentes hidrofóbicos o el acristalamiento protector exterior persiguen la mejora de la durabilidad química del vidrio y de las condiciones medio ambientales sobre o alrededor del vidrio. No obstante, el contacto directo de materiales orgánicos e/o inorgánicos con el vidrio origina todo tipo de problemas como reacciones a largo plazo de los distintos componentes y reversibilidad del material aplicado para su conservación. La instalación de un acristalamiento protector exterior y el desplazamiento de la vidriera original hacia el interior de la iglesia (con ventilación adecuada) asegura unas mejores condiciones medio ambientales sin interferir con el material original. El inconveniente de esta medida es su efecto perjudicial en la relación entre la vidriera y el conjunto arquitectónico.

No hemos de olvidar asimismo que, en cada caso particular, la restauración se enfrenta a problemas específicos, por lo que no deben ofrecerse recomendaciones generales. Un estudio de la historiadora del arte austriaca Frodl-Kraft, quien ya en 1963 resumía todas las cuestiones sobre restauración y conservación, termina con la siguiente afirmación: “El único método válido es, en primer lugar, la investigación básica, seguidamente la evaluación y por último la restauración” (Frodl-Kraft 1963). El resultado de este llamamiento ha sido la cooperación interdisciplinar entre historiadores del arte, conservadores y científicos, lo que ha ampliado nuestros conocimientos y expectativas a lo largo de los últimos 20 años. Quedan no obstante un gran número de temas pendientes que deberían ser investigados en futuras cooperaciones.

---

## Agradecimientos

El autor quisiera expresar su agradecimiento al Profesor Dr. E. Bacher del Österreichisches Bundesdenkmalamt por sus comentarios de gran utilidad y su colaboración al aportar gran cantidad de muestras originales; al Profesor Dr. M. Grasserbauer de la Universidad de Tecnología de Viena, Austria; y al Profesor Dr. F. Rauch de la Universidad J. W. Goethe de Frankfurt, Alemania, por su cooperación y el ofrecer la posibilidad de utilizar sus equipos. También quiere expresar su profundo agradecimiento a los estudiantes de doctorado W. Baatz, I. Bauer, S. Baumann y I. Schmitz, los cuales participaron en los experimentos y en las mediciones analíticas.

---

## Citas

- Binning, G., C. F. Quate, y C. Gerber  
1986 Atomic force microscopy. *Phys. Rev. Lett.* 56:930–33.
- Binning, G., H. Rohrer, C. Gerber, y E. Weibl  
1982 Surface studies by scanning tunneling microscopy. *Phys. Rev. Lett.* 49:57–61.
- Bunker, B. C., G. W. Arnold, E. K. Beauchamp, E.K., y D. E. Day  
1983 Alkali leaching in mixed Na-K silicate glasses. *J. Non-Cryst. Solids* 58:295–322.
- Clark, D. E., C. G. Pantano, y L. L. Hench  
1979 *Corrosion of glass*. Nueva York: Books for Industry and Glass Industry.
- Cox, G. A., y K. J. S. Gillies  
1986 The X-ray fluorescence analysis of medieval durable blue soda glass from York Minster. *Archaeometry* 28(1):57–68.
- Frenzel, G.  
1985 The restoration of medieval stained glass. *Scientific American* 252(5):100–6.
- Frodl-Kraft, E.  
1963 *Das Problem der Schwarzlot-Sicherung an Mittelalterlichen Glasgemälden*. Viena: Institut für Österreichische Kunstforschung des Bundesdenkmalamt.
- ICCROM  
1972-93 *CV-News Letters 1972–1993: Comité Technique du Corpus Vitrearum*. Roma: ICCROM.
- Lahanier, C., F. D. Preusser, y L. Van Zelst  
1986 Study and conservation of museum objects—Use of classical analytical techniques. *Nucl. Inst. & Meth.* B14:1–9.
- Lanford, W. A.  
1986 Ion beam analysis of glass surfaces—Dating, authentication and conservation. *Nucl. Inst. & Meth.* B14:123–26.
- Newton, R. G.  
1982 *The Deterioration and Conservation of Painted Glass: A Critical Bibliography*. Londres: Oxford University Press.
- Pérez y Jorba, M., J. P. Dallas, C. Bauer, C. Bahezre, y J. C. Martin  
1980 Deterioration of stained glass by atmospheric corrosion and microorganisms. *J. Mat. Sci.* 15:1640–47.
- Rauch, F.  
1985 Application of ion-beam analysis to solid state reactions. *Nucl. Inst. & Meth.* B10/11:746–50.

- Scholze, H.**  
1982 Chemical durability of glasses. *J. Non-Cryst. Solids* 52:91–103.
- Schreiner, M.**  
1984 Verwitterungserscheinungen an mittelalterlichen Glasgemälden österreichischer Provenienz. *Wiener Ber. Naturwiss. Kunst* 1:96–114.
- 1988a Deterioration of stained medieval glass by atmospheric attack (Part I). *Glastechn. Ber.* 61(7):197–204.
- 1988b Deterioration of stained medieval glass by atmospheric attack (Part II). *Glastechn. Ber.* 61(8):223–30.
- Schreiner, M.**  
1989 SIMS analysis of potash-lime-silica glasses leached in HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *J. Am. Ceram. Soc.* 72:1713–15.
- Schreiner, M., I. Bauer, y J. Rendl**  
s/f Leaching studies of potash-lime-silica glass with medieval glass composition using AAS and IRAAS. *Glass Techn.*
- Schreiner, M., y M. Grasserbauer**  
1985 Microanalysis of art objects—Objectives, methods and results. *Fres. J. Anal. Chem.* 322:181–93.
- Schreiner, M., M. Grasserbauer, y P. March**  
1988 Quantitative NRA and SIMS depth profiling of hydrogen in naturally weathered medieval glass. *Fres. J. Anal. Chem.* 331:428–32.
- Schreiner, M., y H. Scholze**  
1985 Korrosionsmechanismen an historischen Gläsern—Literaturstudie. Projecto de investigación N°. 106 08104, Umwelt-Bundesamt (UBA), Berlin.
- Tomozawa, M., y S. Capella**  
1983 Microstructure in hydrated silicate glasses. *J. Am. Ceram. Soc.* 66(2):C24–25.

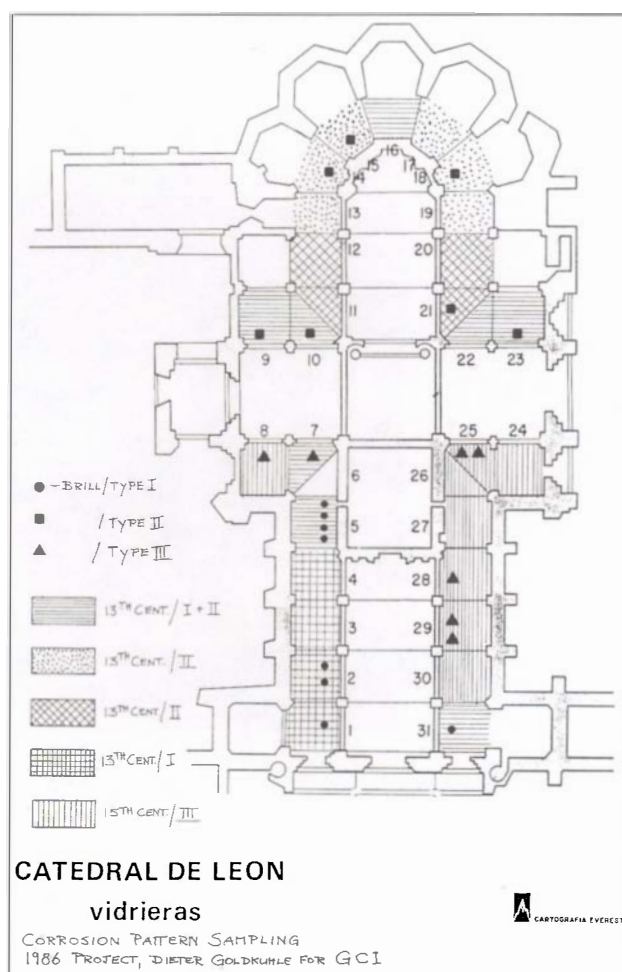


# Selección de fenómenos de corrosión en las muestras de la Catedral de León

Dieter Goldkuhle

**E**N JULIO DE 1986 llegué a León, España, en calidad de asesor del Instituto Getty de Conservación. Durante la semana que permanecí en León, fui encargado de la valoración general de las vidrieras de la catedral, a fin de determinar los diferentes fenómenos de corrosión hallados en los vidrios, tomando muestras seleccionadas para ser analizadas y revelar así la mayor variedad posible de estos fenómenos de corrosión. La intención de este proyecto era dar un primer paso hacia el

Figura 1  
Muestreo de los fenómenos de corrosión;  
Proyecto de Dieter Goldkuhle para el GCI,  
1986.



análisis de los vidrios pintados de la Catedral de León. Esta ponencia resume el proceso seguido en la agrupación de las vidrieras, la identificación de los fenómenos de corrosión y la selección de muestras para ser analizadas.

Al comienzo de mi trabajo en la catedral dediqué unos dos o tres días a familiarizarme con los vidrios. Para mí, cada vidriera tenía un carácter, personalidad e historia propio y llevó su tiempo el llegar a entender la historia que cada vidriera intentaba comunicar. Me centré en las vidrieras del claristorio, donde la mayor parte de mi análisis fue realizado, desde el pasillo situado justo por debajo de estas vidrieras en la cara exterior. Asimismo observé las vidrieras desde el interior a fin de obtener datos adicionales. Mi enfoque fueron las vidrieras compuestas básicamente de vidrios de los siglos XIII al XV<sup>1</sup>.

Los resultados de este estudio se hallan resumidos en un esquema en el cual las vidrieras del claristorio quedan divididas en cinco grupos (Figura 1)<sup>2</sup>. Estos cinco grupos están representados mediante distintos modelos gráficos. Asimismo se indica mediante un símbolo la ubicación de cada una de las muestras extraídas para ser analizadas. Cada uno de los tres grupos de vidrios clasificados por el Dr. Robert Brill en los resultados de sus análisis está indicado con un símbolo<sup>3</sup>. Mientras que las vidrieras compuestas por vidrios del siglo XV forman un grupo reconocible, según los vidrios del Tipo III en la clasificación del Dr. Brill, el resto de las vidrieras fueron mucho más difíciles de clasificar en grupos característicos<sup>4</sup>.

Figura 2  
Detalle de la vidriera 10.



Las diferencias entre los fenómenos de corrosión localizados es más significativa en los vidrios del siglo XIII que en los vidrios del XV. Es más, el aspecto de los fenómenos de corrosión con un tono blanco grisáceo en los vidrios del siglo XIII (Figura 2, detalle de la vidriera 10)



Figura 3  
Detalle de la vidriera 29.

contrasta con la costra marrón totalmente extendida en los vidrios del siglo xv (Figura 3, detalle de la vidriera 29)<sup>5</sup>. Mayor importancia tiene no obstante el hecho de que la corrosión en las vidrieras del siglo xv se ha desarrollado de forma azarosa. Algunos vidrios no han sido afectados por la corrosión, mientras que el vidrio de otras vidrieras sólo se ha visto afectado en las zonas pintadas por la cara exterior. La cara exterior de los vidrios del xv está, no obstante, totalmente recubierta por una costra de corrosión<sup>6</sup>.

Una vez agrupadas las vidrieras según sus fenómenos de corrosión, se escogieron los vidrios que habrían de ser seleccionados para ser analizados. La intención fue de recoger muestras de cada uno de los cinco grupos teniendo en cuenta, también la orientación de las vidrieras, a fin de estudiar si su situación geográfica hubiera podido afectar el desarrollo de la corrosión. La propuesta original del Instituto Getty de Conservación fue la selección de doce muestras, pero finalmente, dada la diversidad de los fenómenos de corrosión, se tomaron veintidós vidrios. La selección de las muestras hubiera podido ser mucho más amplia, cubriéndose así todos los distintos fenómenos, pero incluso para conseguir la toma de estas muestras fue necesaria una gran confianza por parte de las autoridades españolas<sup>7</sup>.

Tal y como ya se mencionó anteriormente, cuando empezó el examen de los vidrios mi observación de las vidrieras tuvo lugar tanto desde el interior como desde el exterior de la catedral. Las composiciones desempeñaron un papel fundamental a la hora de dividir las vidrieras en subgrupos, especialmente las del siglo xiii. Los motivos son típicas lancetas verticales de grandes figuras aisladas, enmarcadas dentro de nichos arquitectónicos<sup>8</sup>. Las vidrieras del xv se componen en su mayoría de tres figuras dispuestas unas por encima de las otras a lo largo de las lancetas, mientras que en las del siglo xiii hay sólo dos figuras<sup>9</sup>.

Un segundo factor que se tuvo en cuenta a la hora de diferenciar los vidrios del siglo xiii de los del xv fue el tipo de vidrio utilizado en las vidrieras. Todos los vidrios del xiii son del tipo ciba. En algunos casos la marca dejada por la caña de soplar es claramente visible (Figura 2). La correlación entre estas vidrieras con las de la parte baja de la nave nos demuestra que los vidrios de ciba se hallan situados a lo largo de todas las vidrieras del claristorio excepto la 7-8 y la 24 hasta la 30. En mi opinión todas estas vidrieras más tardías contienen vidrios del siglo xv los cuales son vidrios de cilindro.

Mientras que las costras de corrosión de los vidrios del xv son bastante consistentes, los fenómenos de corrosión en los vidrios más antiguos varían de forma considerable. Estos fenómenos van desde una costra cretosa uniforme sobre la superficie hasta distintas fases de picaduras. Mientras que algunas picaduras en forma de minúsculos poros se presentan muy espaciadas, algunas otras constituyen grandes grupos que llegan a agruparse formando zonas blanquecinas y opacas<sup>10</sup>. Algunas zonas del vidrio se han debilitado hasta formar grietas allí donde las picaduras se han extendido y se han hecho más profundas.

Además de las picaduras, se encontró también corrosión en zonas con pintura en la cara exterior<sup>11</sup>. En otras vidrieras del siglo XIII con pinturas por la cara interior, el vidrio no presentaba corrosión.

Algunas de las costras de corrosión más espectaculares (tanto del tipo cretoso del XIII como del tipo marrón del XV) llegaban a levantar la superficie del vidrio de forma dramática (Figura 4, detalle de la vidriera 27, siglo XV). En algunas zonas las costras se habían desprendido totalmente de la superficie del vidrio<sup>12</sup>.

Por último, el principal interrogante sobre la corrosión del vidrio sería: ¿cuándo tuvo lugar? Mientras que los archivos nos hablan de una intervención en el siglo XIX, existen pruebas para afirmar que la corrosión del vidrio se aceleró durante los últimos 100 años. En la vidriera 7, se “reparó” un trozo de vidrio roto con una capa de masilla (impermeabilización). Con el paso de los años, la masilla se había secado y desprendido del vidrio. Se aprecia claramente que las zonas del vidrio que habían estado protegidas por la masilla, se han visto mucho menos atacadas por la corrosión (ver Figura 5).

Figura 4  
Detalle de la vidriera 27.



Figura 5  
Detalle de la vidriera 7.



Las vidrieras 1 y 31, protegidas por las torres de la cara este, nos aportan diversos indicios<sup>13</sup>. En estas vidrieras parecía darse un fuerte aumento de las cantidades de polvo traído por el viento o arena sobre la superficie del vidrio; sin embargo, en la vidriera 1, allí donde el viento había desprendido el polvo superficial, algunos vidrios se hallaban prácticamente intactos y libres de corrosión.

Estoy consciente de que mi trabajo en León puede ser considerado como una contribución para futuros estudios y me parece fascinante el hecho de que el vidrio mismo proporcionase muchos indicios sobre su historia, corroborados más tarde por los análisis y la documentación. La correlación entre las composiciones y los distintos tipos de vidrio con el color y la forma de las costras de corrosión, ayudó a distinguir entre las vidrieras del XIII y las del XV. La historia de las vidrieras de la Catedral de León es compleja y tan sólo mediante un detallado estudio de las fuentes documentales y los vidrios mismos podremos llegar a conocer toda su verdadera historia.

---

## Agradecimientos

Quisiera agradecer al Instituto Getty de Conservación el haberme ofrecido la oportunidad de pasar una semana en la Catedral de León trabajando en este proyecto. En especial quisiera agradecer a Steve Weintraub, anteriormente conservador de vidrio en el Getty, quien contactó conmigo para este proyecto, y a Frank Preusser, anteriormente Director de Programas Científicos en el GCI, quien apoyó mi participación. Durante la semana en León conté con la valiosa asistencia de Alfonso Muñoz, anteriormente arquitecto en el ICRBC. Asimismo quisiera agradecer la desinteresada ayuda de las autoridades del Ministerio de Cultura, Madrid, y de la Catedral de León, especialmente Luis Fernández-Galiano y Don Máximo Pérez Gascón. Las fotografías en detalle de las vidrieras y las muestras previas a su toma fueron realizadas por Cesar Andrés Delgado, Delegación Territorial de Educación y Cultura, León.

---

## Notas

1. La escena narrativa de caza de la vidriera 5 resalta como elemento único dentro del ciclo de los vidrios de la Catedral de León. La vidriera fue llevada a la catedral, procedente de otro edificio, durante el siglo XIV, posiblemente de un palacio de Alfonso X. Las cuatro muestras tomadas de la vidriera 5 fueron analizadas como Vidrio del Tipo I. Los vidrios del siglo XVI se hallaban en buen estado y no fueron incluidos en el muestreo de fenómenos de corrosión.
2. La base de mi esquema fue el plano de la planta de la catedral tomado de un libro-guía de la Catedral de León. En esa guía se asigna una fecha a cada vidriera; sin embargo, dado que algunas de esas vidrieras incluyen vidrios de distintas épocas, alteré el esquema de tal forma que tan sólo los números de las vidrieras permanecen. Cuando examiné por primera vez las vidrieras no era consciente del hecho de que los vidrios de las vidrieras del triforio pudieron haber sido trasladados a finales del siglo XIX para ser utilizados en las vidrieras del claristorio. Puesto que fui informado del comienzo del proyecto con poca anticipación, no tuve ocasión de revisar la bibliografía sobre la Catedral de León antes de mi llegada a España. No obstante se hizo inmediatamente evidente que la mayoría de las vidrieras con vidrios del siglo XIII incluían vidrios de diversas procedencias. Muchos de los diseños de las vidrieras resultaron ser pastiches o compuestos. Examinando las vidrieras desde el exterior, las del siglo XV estaban bastante intactas, mientras que las del XIII resultaban bastante confusas en el entramado del emplomado. Había muchos plomos utilizados para cerrar las roturas así como

huecos cegados. Las pinturas por la cara exterior eran prueba evidente de que los vidrios tenían diversas procedencias. Las pinceladas terminaban abruptamente en los plomos, en lugar de continuarse en los vidrios contiguos.

3. Tras la toma de las muestras de vidrio de la Catedral de León, éstas fueron enviadas al GCI. Desde allí fueron enviadas para su análisis al Dr. Brill. Sus resultados son extensamente analizados en su contribución a esta publicación.
4. En el gráfico se aprecian las dificultades que se me presentaron a la hora de dividir las vidrieras del XIII en distintos grupos. La vidriera 7 se presenta como formada por vidrios del siglo XIII. Sin embargo la muestra de esta vidriera corresponde al vidrio del Tipo III en la clasificación del Dr. Brill, el cual es del siglo XV. Quisiera indicar que seleccioné como muestra una pieza de vidrio sustituida, pero tras volver a examinar los datos con más detenimiento, la conclusión extraída es que mi valoración inicial estaba equivocada.
5. El aspecto pardusco de la costra de corrosión en la Vidriera 16 del siglo XIII no era sin embargo idéntico a la costra pardusca de corrosión de los vidrios del XV. Este aspecto es fruto del daño producido por el deterioro de las barras de refuerzo de hierro. La típica costra cretosa y blanquecina de los vidrios del XIII resultaba evidente bajo los residuos parduscos superficiales.
6. En las vidrieras del siglo XV no había rastro de pinturas por la cara exterior.
7. A la hora de seleccionar las muestras evité expresamente el tomar vidrios que formaban parte de rostros u otros elementos de diseño visualmente importantes, así como vidrios situados bajo las barras de sujeción alrededor del perímetro de la vidriera. Asimismo era necesario seleccionar vidrios que pudieran ser alcanzados desde el pasillo exterior del claristorio. Los huecos dejados tras la toma de las muestras serían temporalmente cubiertos tras mi partida.
8. Las vidrieras 16 y 31, a diferencia de la mayoría de las vidrieras, estaban compuestas por figuras más pequeñas rodeadas por medallones. Ninguna muestra de la vidriera 16 fue tomada dado que los vidrios más accesibles de la parte baja, procedían de otro período más tardío.
9. Cuando se observan las vidrieras desde el interior, se destaca la oscuridad de algunos elementos de su diseño. Estas zonas oscurecidas corresponden con las costras de corrosión formadas por la cara exterior.
10. En la vidriera 21 se presentaba una variación interesante pues las picaduras se formaban parcialmente a lo largo de líneas bien definidas en el vidrio. Estas podrían ser las finas líneas concéntricas formadas durante el proceso de elaboración del vidrio de ciba.
11. Las zonas sin pintura en la cara exterior están relativamente poco afectadas por la corrosión y no presentan la costra cretosa superficial.
12. Una interesante muestra tomada de la vidriera 29 mostraba un brillo cristalino sobre la costra pardusca de corrosión, muy similar a la superficie original pulida al fuego.
13. Aparentemente, esta ubicación protegida tuvo su efecto en la formación de costras sobre la superficie del vidrio.

# La conservación de vidrieras: recientes avances en Flandes (Bélgica) desde el establecimiento del Departamento de Conservación en la Real Academia de Bellas Artes en 1988

*Joost Caen*

¿Por qué conservamos el arte, los monumentos, las vidrieras?  
 ¿Es por algún sentimiento afectivo hacia las cosas antiguas?  
 ¿Es por una visión romántica de nuestro patrimonio cultural?  
 ¿Es por la belleza de algunas obras de arte?  
 ¿Hasta qué punto son válidas estas razones?

**N**O PIENSO QUE estos argumentos sean suficientes. Por supuesto que una gran parte del arte y los monumentos son bellos y sería una lástima dejar que se fueran destruyendo. Es nuestra responsabilidad permitir que estos “objetos de belleza” sobrevivan. Como dijo Victor Hugo, “Il y a deux choses dans un édifice, son usage et sa beauté. Son usage appartient au propriétaire, sa beauté a tout le monde. C'est donc dépasser son droit que de la détruire [Hay dos elementos en un edificio: su uso y su belleza. Su uso pertenece a su dueño, su belleza pertenece a todos. Por eso, uno no tiene el derecho de destruirlo]”.

Me parece sin embargo que existen motivos más profundos para proteger nuestro patrimonio cultural.

Tan sólo una pequeña parte de nuestra historia está escrita en libros y aun así nos vemos enfrentados a interpretaciones, determinados puntos de vista y, a veces, manipulaciones. Pero nuestros hallazgos arqueológicos, monumentos y objetos, forman la memoria material de nuestra historia.

Aparte de las tradiciones, los libros y la educación, la percepción visual de estas huellas de “memoria material” son además la base para reflexionar sobre nuestra historia. La única razón para estudiar la historia es el mejor entendimiento de nuestra época y el encontrar nuestros pasos hacia el futuro. Para mí es éste el principal motivo para conservar nuestros monumentos: la memoria para el futuro. ¡Existe poco espacio para el romanticismo en esta visión!

Este argumento nos conduce a unas actitudes fundamentales hacia el arte y los monumentos. Todos conocemos las cartas deontológicas de ICOM, ICOMOS y otras organizaciones. La palabra clave en todos estos

textos es “integridad”. Hemos de respetar la integridad del monumento y su historia.

Cualquier intervención ha de ser, por lo tanto, cuidadosamente preparada. Cada tratamiento tiene sus riesgos, y es por ello que las intervenciones deberían reducirse al mínimo. Así pues, la prevención es una necesidad.

Durante mucho tiempo las vidrieras fueron desatendidas e incluso a veces destruidas. El daño fue reparado con técnicas incorrectas y sin un enfoque científico.

Incluso hoy en día existe una gran falta de investigación científica e inventarización. Los problemas técnicos son además bastante numerosos. Especialmente la corrosión del vidrio, el deterioro de las capas de pintura, la conservación del emplomado y la estructura metálica, etc. necesitan todavía detallada investigación.

En 1988, el gobierno flamenco decidió comenzar en nuestra academia un curso de conservación a nivel universitario.

Los estudios de conservación de vidrio, una de las once opciones del departamento de conservación, comenzaron con una visión totalmente nueva. Dado que tenemos una importante tradición en la conservación de pintura, decidimos afrontar la conservación de vidrieras desde esta perspectiva deontológica total. Hoy en día las vidrieras ya no están consideradas como metros cuadrados de superficie en vidrio sino como “pinturas sobre un medio específico”. Este nuevo enfoque nos conduce a la siguiente norma: más “conservación” y menos “restauración”.

---

### ¿Cuáles son los pasos a seguir durante el proceso de conservación?

1. Se debe formar un comité que incluya al menos a los siguientes especialistas: un historiador o un historiador del arte especializado en vidrieras, un arquitecto familiarizado con todos los problemas concretos (o si se trata de un museo, una persona a cargo del mismo), un excelente conservador y un científico de ciencias naturales.
2. Se debe pedir consejo a las autoridades competentes, tales como la administración encargada de los monumentos, servicios municipales o estatales, etc.
3. Se debe realizar un detallado diagnóstico y examinar *in situ* tanto los aspectos histórico-artísticos como los materiales y técnicos. Por lo tanto es necesario el estudio material de las vidrieras. Consecuentemente, tanto los historiadores del arte como los conservadores especializados deberán subirse a los andamiajes. Este diagnóstico definirá la estrategia a seguir durante la conservación.
4. Junto con la estrategia de conservación, se desarrollan también los “detalles de la conservación” y es sólo entonces cuando se pueden ofrecer los presupuestos del tratamiento de conservación.
5. La conservación ha de realizarse en constante diálogo con el



comité designado para el trabajo y las autoridades pertinentes.

6. Durante el tratamiento de conservación se ha de mantener un informe detallado acompañado de fotografías y esquemas.
7. El tratamiento sólo podrá darse por terminado cuando exista un buen programa de conservación preventiva. El examen preliminar y el diagnóstico técnico son los primeros pasos para una buena prevención, dado que todos los pasos siguientes están basados en esas primeras experiencias. Es por lo tanto de suma importancia que el examen técnico lo realice un conservador especializado, junto con un arquitecto especializado si fuera necesario. Estos han de considerar las vidrieras dentro del marco de la propuesta para el tratamiento ulterior, la cual será discutida con los colegas del comité.

---

### ¿Qué cuestiones se han de examinar?

1. Todos conocemos el sistema de numeración del Corpus Vitrearum y en mi opinión es una buena norma internacional.
2. Después de una numeración general es importante identificar los vitrales y paneles.
3. Este diagnóstico técnico consta de dos partes:

En primer lugar se realiza un examen general de la vidriera:

- medidas
- fotografías: interior y exterior
- fecha y nombre
- método de examen (interior/ exterior; desde el suelo/ desde el andamio)
- estado de la piedra
- estado de las barras de sujeción
- estado de los bastidores y de las chavetas
- estado de los bastidores y del mortero
- estado del vidrio y/o malla protectores

En segundo lugar, se realiza un diagnóstico de cada panel:

- medidas
- fotografías: interior y exterior
- fecha y nombre
- barras metálicas
- emplomados, plomos de fractura, masilla y soldaduras
- roturas—localización y número
- lagunas—localización y número
- vidrios doblados
- polución: interior y exterior
- desvitricación: interior y exterior
- estado de la pintura y grado de deterioro de la capa de pintura

Este diagnóstico ofrece una visión suficiente del estado de la vidriera. Cuanto mejor esté realizado, más precisos serán los presupuestos. Asimismo, el tratamiento tendrá una mejor calidad y control.

---

### ¿Cuáles son los contenidos de los “detalles de la conservación”?

1. Descripción del examen preliminar (tal y como se ha mencionado) y lista de precios
2. Descripción del tratamiento
3. Descripción de la documentación
4. Descripción de las medidas para la conservación preventiva y el mantenimiento

Comencemos con la descripción del tratamiento, esto es, las especificaciones:

1. Es muy importante realizar contratos claros con las compañías aseguradoras. Las responsabilidades deben especificarse con precisión. Es importante saber que el valor de compra no es siempre el mismo que el valor de restitución, ¡tampoco lo es el coste de la conservación!
2. Por lo que respecta al desmontaje de los paneles es necesario que se realice en coordinación con el arquitecto, el instalador del andamiaje y el propietario. La seguridad de los paneles, así como del monumento y especialmente de las obras de arte en los alrededores de la vidriera, tanto por dentro como por fuera del edificio, es importantísima. Es necesario especificar detalladamente la forma en que el vano del vitral será provisionalmente cerrado. Por supuesto es también de suma importancia el tener las medidas exactas de los maineles y la tracería. Si es necesario, deben realizarse plantillas de esta última. Debería indicarse que todos los restos de productos utilizados para el cerramiento deberán ser retirados al volver a emplazar el vitral.
3. El almacenaje y el transporte son dos cuestiones que deben ser descritas en detalle. Es importante utilizar productos impermeables e incombustibles que soporten los paneles eficazmente en posición vertical. También es interesante saber que muchos plásticos contienen suavizantes que pueden dañar los productos utilizados durante la conservación (por ejemplo el Paraloid, si se mantiene durante mucho tiempo en estos embalajes plásticos). Las condiciones ambientales del embalaje deben ser adecuadas, ésto significa un 45% de humedad relativa y 18–20 °C de temperatura. También es importante la estabilidad de las condiciones ambientales durante el transporte y almacenaje.

Las cajas utilizadas para el embalaje deben ser eficaces y de fácil transporte y por lo tanto no demasiado pesadas. El

almacenaje en lugares con riesgos de vibraciones es también peligroso. Por ejemplo en un campanario, en lugares cercanos al tráfico o a las vías del tren, etc. En algunos casos es necesario buscar el mejor método de transporte o solicitar protección policial. Una vez en el taller de conservación, los paneles han de ser almacenados, uno a uno, en distintos niveles y de forma horizontal.

4. Antes de comenzar el tratamiento los paneles son cuidadosamente examinados en el taller. Se realiza un informe de su estado acompañado de fotografías y esquemas. A fin de trazar un buen proyecto, se realiza primero un calco. Con él dibujamos las líneas del emplomado y un plan detallado de trabajo. En este esquema, se indican las direcciones y dimensiones de los plomos, así como las roturas, las partes que falten y datos específicos sobre las piezas de vidrio (como la fecha, origen, desvitrificación, etc.). Un buen modelo para este último esquema es el sistema del Corpus Vitrearum. En esta fase realizamos también algunas pruebas para estudiar la posible necesidad de sustitución del plomo y la limpieza del vidrio.
5. La sustitución del plomo no es siempre necesaria. El examen preliminar debería indicar qué paneles han de ser totalmente o parcialmente reemplomados y cuáles no. Naturalmente, es importante saber, en este sentido, si se va a colocar acristalamiento isotérmico exterior. En ese caso, es a menudo suficiente el reforzar los paneles con nuevos marcos y/o barras de sujeción en cobre.
6. La limpieza de los vidrios es una tarea muy delicada. Todos los métodos tienen sus ventajas e inconvenientes. En la mayor parte de los casos es necesario combinar técnicas mecánicas y químicas de forma selectiva. Cada pieza de vidrio, incluso cada zona del vidrio, presenta una situación distinta y necesita un tratamiento específico. Es indispensable la preparación de experimentos de limpieza, así como una buena descripción de las técnicas con su efectividad y riesgos. Es asimismo necesario un control regular con el microscopio a fin de evitar daños a corto y a largo plazo.
7. Las roturas y las grietas pueden ser pegadas con una resina epoxi de la más alta calidad. El pegado ha de realizarse bajo circunstancias ambientales óptimas. Dado que el vidrio es bastante higroscópico, el pegado puede mejorarse utilizando un agente epoxi de acoplamiento tras limpiar la rotura. Estos procedimientos requieren gran habilidad y un buen conocimiento de los polímeros y su aplicación. Nosotros utilizamos normalmente la técnica del pegado por capilaridad. El relleno de pequeñas lagunas sólo podrá realizarse tras cerrarlas con cinta adhesiva o cera. Dado que la epoxi se

contrae ligeramente, se hace a veces necesario repetir esta acción una segunda vez.

8. Las lagunas de gran superficie ofrecen más problemas. Cuando podemos recurrir a fotografías o a documentos de archivo se puede, en ciertas ocasiones, realizar una reconstrucción integrada usando las técnicas tradicionales de pintado. A menudo carecemos de cualquier información sobre la figura original. Estos “rellenos” deberían estar adecuadamente integrados en color y tono, reconstruyendo así una unidad óptica. La interpretación o la fantasía no son deontológicamente aceptables. Las nuevas piezas han de estar siempre marcadas con el nombre y la fecha del conservador de una forma discreta pero visible (incluso cuando el panel haya sido reemplomado). No hay que olvidar que las piezas de vidrio desprendidas, por ejemplo debido a actos de vandalismo, han de ser siempre guardadas, incluso las más pequeñas.
9. Las líneas de rotura y las pequeñas grietas pueden ser retocadas con una resina acrílica de gran calidad y pigmentos resistentes a la luz. Allí donde las capas de pintura han desaparecido se puede utilizar también esta técnica, siempre que los paneles históricos sean reinstalados con acristalamiento exterior protector y la pintura haya quedado bien adherida al vidrio. Como siempre, esta intervención ha de ser reversible. El repintado de un vidrio histórico es una acción criminal que destruye la integridad de la vidriera. En aquellos casos en los que la pintura ha desaparecido total o parcialmente, ¿deberíamos limitarnos más a conservar que a restaurar! De hecho a nadie se le ocurriría una reconstrucción de la Acrópolis de Atenas. Una solución intermedia consiste en realizar un repintado sobre un vidrio doblado. Pero incluso en este caso hemos de contar con una ventilación suficiente entre el original y el vidrio doblado.
10. La Carta de Venecia nos exige respetar todos los cambios de valor y/o las adiciones del pasado. Es evidente que este principio nos ocasiona de vez en cuando ciertos problemas. ¿Qué debemos hacer si tras la limpieza nos damos cuenta de que las reconstrucciones del siglo xx son demasiado oscuras comparadas con los vidrios del siglo xvii que las rodean? En cualquier caso, se ha de consultar al comité y si se decide prescindir de las piezas del siglo xx, éstas deberán sin duda ser conservadas en un archivo.
11. El reemplomado no es algo tan sencillo como la mayoría pensamos. Ya he mencionado que los plomos originales deberían ser también examinados y documentados. Cuando optamos por realizar un reemplomado selectivo debemos tener en cuenta que los factores de deterioro han de ser reducidos a un mínimo absoluto, por ejemplo mediante la

instalación de acristalamiento isotérmico exterior o la conservación en un museo.

Técnicamente ofrece mayores problemas el soldar plomo nuevo con plomo antiguo por lo que se hace necesario el limpiar muy cuidadosamente la superficie de estos últimos. Dado que el plomo es uno de los componentes históricos de la vidriera hemos de tratar de conservarlo. Si esto no fuera posible debemos guardar al menos muestras representativas del plomo. El plomo nuevo no es siempre de gran calidad. Los fabricantes no proporcionan mucha información sobre la composición del plomo y desconozco la posible existencia de normas DIN para el plomo utilizado en la restauración, aunque esto podría ser un paso adelante en el conocimiento de los materiales de conservación.

Con el estaño de soldar tenemos los mismos problemas. Para soldar se utiliza una aleación de estaño/plomo (60/40), pero prácticamente no existen estudios científicos en este campo. El plomo, la aleación y los fundentes deberían ser estudiados lo antes posible pues, a mi entender, este campo es uno de los aspectos más descuidados en lo concerniente a nuestros problemas de restauración. El reemplomado y la soldadura se han de realizar siempre de alma a alma para dar una mayor estabilidad a los paneles.

12. Si se piensa instalar acristalamiento protector exterior, la masilla puede extenderse solamente en la parte posterior del panel. Los plomos han de ser alisados sin que éstos o el vidrio sufran daño alguno, por ejemplo utilizando un trozo de PVC. Tras enmasillar los paneles, deberán limpiarse con un trapo y no con el tradicional serrín, ya que éste permanece en los agujeros más pequeños y origina un foco de deterioro higroscópico. También ha de excluirse el uso de estropajos metálicos y demás productos abrasivos. Es importante tener en cuenta que los plomos deben alisarse en primer lugar por la cara posterior y luego por la anterior. De esta forma la superficie anterior queda nivelada.
13. Los paneles pueden reforzarse con marcos de cobre (a veces de bronce). Estos han de soldarse en las esquinas y, en ciertos lugares, en los laterales.
14. Es preferible sustituir las barras de hierro por barras de cobre y en muchos casos es mejor soldar éstas directamente al panel en lugar de utilizar plomos de sujeción. En algunos casos se consigue un refuerzo óptimo soldando las barras de cobre al panel y al marco. Cuando se instala acristalamiento protector exterior, las barras deberán colocarse en la cara interna.
15. En muchas ocasiones el daño viene provocado por la corrosión del hierro de las barras de sujeción, bastidores y chavetas. Siempre que sea posible, deberán reemplazarse por metales no corrosivos, como el bronce o el acero inoxidable.

En cualquier caso, habrán de excluirse todos los factores de corrosión, dado el peligro que suponen para el vidrio y la piedra. Los nuevos metales pueden ser previamente tratados con arena a presión para que puedan ser fácilmente pintados (el cobre y el bronce crean una corrosión de color verdoso y el acero inoxidable no es siempre estético).

16. El acristalamiento isotérmico exterior o el destinado a museos es, en estos momentos, uno de los mejores sistemas de conservación preventiva. Pero en esta cuestión observamos las más fantásticas variaciones. Convendría señalar que un mal sistema de acristalamiento exterior es peor que ninguno.

¿Cuáles son las exigencias de un sistema de acristalamiento exterior eficaz?

1. debería realizarse un buen estudio preliminar de la piedra;
2. deberían medirse las condiciones ambientales y climatológicas;
3. dado el alto coste del acristalamiento protector exterior, esta posibilidad ha de ser discutida en relación a la situación del deterioro de la vidriera y los estudios anteriormente mencionados;
4. se podría realizar un ensayo de instalación;
5. la instalación interior y exterior deberá ser estética y respetuosa con la vidriera y el monumento.

El acristalamiento exterior puede realizarse con varios tipos de vidrio. Aunque el coste es muy elevado, el vidrio no reflectante ofrece muy buenos resultados y es bastante resistente si se utiliza en láminas dobles. La instalación del acristalamiento exterior deberá realizarse siguiendo estrictamente las normas de la casa fabricante y en algunos casos es preferible que la instalación la realice un vidriero en lugar de un restaurador. Con o sin sistemas de acristalamiento protector exterior, el agua condensada ha de poder ser eliminada y por lo tanto es necesario un canal de desagüe por la cara exterior del vidrio. Conviene destacar que el uso de siliconas puede ser perjudicial para los paneles emplomados ya que el ácido acético ataca el plomo.

17. La adaptación en la cara interior no debe realizarse sin previo estudio. Los parámetros a seguir son las posibilidades arquitectónicas y las exigencias de ventilación. En los Países Bajos, Flandes y Holanda pensamos que la ventilación con aire procedente del interior es generalmente la mejor solución y por lo tanto se necesita un espacio de unos 4 a 10 cm entre las dos superficies de vidrio. Esta distancia viene determinada por la altura y el volumen del aire entre ambas. En los lados verticales, los paneles deberían instalarse en contacto con la piedra mediante láminas de plomo y tiras esponjosas

aislantes. Evidentemente no hemos de olvidar limpiar ambos lados del vidrio antes y/o después de su instalación. Las normas de conservación deben ser lo más precisas posibles. Cuanto más detalladas, mejor será la calidad del trabajo y mayor el control sobre todo el proceso. Las normas detalladas ofrecen además a los conservadores de vidrieras una sensación de seguridad a la hora de elaborar los presupuestos, ya que los precios ofrecidos pueden ser estipulados con precisión (cantidad, calidad, tiempo, documentación, etc.). Evidentemente se debe pedir al conservador que mantenga un informe detallado del tratamiento seguido. Cada intervención, esquema, fotografía o fragmento deberá ser incluido en el informe, así como las decisiones del comité adjunto.

En último lugar, aunque no menos importante, quisiera dirigir su atención hacia la importancia de la conservación de los documentos históricos. Los proyectos, bocetos, propuestas, etc., son de gran valor, no sólo desde el punto de vista histórico o artístico sino también como líneas directrices para la restauración de las piezas perdidas. Pero todo esto podría ser suficiente material para una próxima ponencia.

Espero que no sólo los conservadores sino también los arquitectos y aquellas personas responsables de los monumentos, procuren difundir estas ideas ya que son ellos quienes elaboran las normas con las que debemos trabajar.

# Nuevos materiales para la conservación de vidrieras

*Hannelore Römich y Dieter R. Fuchs*

EN GENERAL, EL primer paso en el proceso de la corrosión del vidrio consiste en el ataque de la humedad sobre su superficie (Scholze 1988). Los contaminantes ambientales, el polvo y los microorganismos, aceleran este efecto. El “valor crítico” de la humedad del aire, que provoca la formación de un electrolito sobre la superficie de los vidrios pintados, es difícil de valorar dada la compleja situación climática de los vitrales y los efectos sinérgicos de un gran número de factores que intervienen en la reacción (Fitz 1991; Oidtmann 1994). Las mediciones de temperatura y humedad en vitrales seleccionados mostraron cómo las condiciones ambientales pueden mejorarse mediante la instalación de acristalamientos protectores (Oidtmann 1994). No obstante, en muchos casos, los valores de humedad registrados, incluso en la cara interna de las vidrieras, son bastante elevados, lo que aporta a la superficie del vidrio cantidades suficientes de agua para que se produzca el proceso de corrosión.

El método de conservación más efectivo para los vidrios sensibles a la corrosión debería ambicionar la protección de su superficie mediante una capa que la aisle directamente del impacto del medio ambiente.

Sin embargo, las exigencias reales para semejante producto son de hecho bastante complejas y difíciles de satisfacer. Se han aplicado productos comerciales sobre vidrieras originales con (Marschner 1985; Bettembourg y Perrot 1976) o sin ensayos previos dirigidos a esta finalidad especial. En ciertos casos el tratamiento hubo de ser eliminado, originando así nuevos riesgos de deterioro sobre los objetos (Jacobi 1957; Brinkmann y Decker 1993).

La conservación de capas pictóricas deterioradas, principalmente en la cara interna de los vitrales, exige un material de propiedades similares aunque, en ciertos aspectos, distintas a las de un polímero utilizado como recubrimiento protector.

Dado que todos los productos comercialmente disponibles no satisfacían las numerosas exigencias modelo de los historiadores del arte y conservadores, se encargó al Fraunhofer Institut für Silicatforschung (ISC) el desarrollo de nuevos materiales para la conservación de vidrieras.

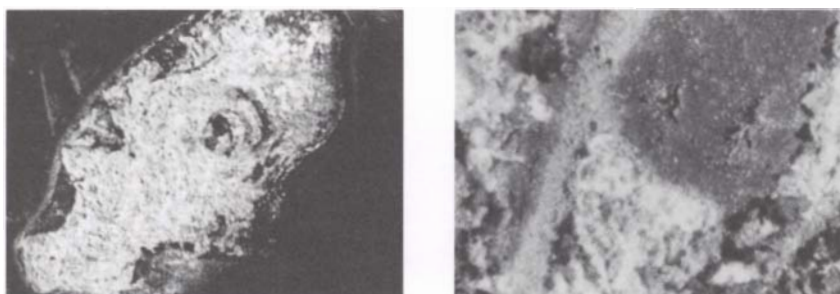


## Condiciones en la superficie previas a la conservación

Los fenómenos de corrosión sobre los vidrios pintados (Fuchs, Patzelt, y Schmidt 1989; Leissner, en esta publicación) incluyen incrustaciones de polvo y grasa con capas de corrosión que, si fuera necesario, deberían eliminarse durante el proceso de restauración a fin de recuperar la colorida transparencia de los vitrales. Las costras en las caras exteriores pueden llegar a estar bastante desprendidas y ser muy porosas, aunque también pueden ser bastante duras y estar firmemente adheridas a la superficie. Las caras interiores suelen verse mucho menos afectadas por la corrosión. Sin embargo, en algunos casos el problema más delicado en la conservación puede surgir cuando los productos de la corrosión no pueden separarse de la pintura afectada por ésta (ver Figura 1).

Figura 1

Superficie de vidrio afectada por la corrosión con capas pictóricas desprendidas (Mariendom, Erfurt, Alemania, siglo xv).



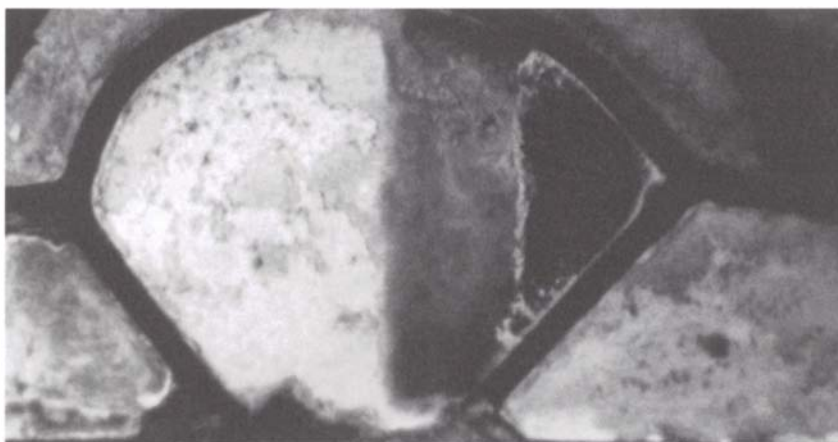
Las recomendaciones generales para la limpieza de vidrios medievales son bastante imprecisas (“el principio de la mínima intervención”<sup>1</sup>). Entre los conservadores no existe un punto de vista común en lo concerniente a métodos de limpieza. La mayoría de los talleres han desarrollado sus propias técnicas o intentan adaptar las ya existentes a sus problemas específicos. Entre la gran variedad de métodos tradicionales de limpieza se incluyen los métodos en “seco” (ej. cepillos, bisturí, abrasivos por aire) y en “húmedo” (ej. disolventes orgánicos, agua, EDTA) (Newton 1982; Newton y Davison 1989). Recientemente se han investigado técnicas especiales como los geles de intercambio de iones (Jägers, Römich, y Torge, s/f) o la limpieza con láser (Leissner et al. 1994). La elección del método correcto para un problema específico viene a menudo dada por la efectividad de la técnica. No obstante, el conservador ha de tener así mismo en consideración el riesgo potencial del tratamiento, el cual es difícil de evaluar, especialmente si tenemos en cuenta que dicho riesgo puede llegar a presentarse años más tarde.

Tan sólo se han realizado unos cuantos estudios sobre los efectos de la limpieza con piezas originales (Newton 1982; Newton y Davison 1989; Dombauhütte Köln 1990). Los estudios científicos se centran en la valoración de las técnicas de limpieza sobre vidrios modelo, sensibles a la corrosión tras análisis durante un período de tiempo en cámaras de deterioro ambiental acelerado (Leissner et al. 1994; Römich y Fuchs 1992a, 1992b).

La elección de una técnica de limpieza apropiada es tan controvertida como la elección del “nivel” de limpieza adecuado. No existe un acuerdo general entre los expertos sobre hasta qué punto debe limpiarse la superficie.

Figura 2

Experimentos de limpieza sobre un vidrio medieval (Dombauhütte, Colonia, Alemania).



Los experimentos de limpieza sobre vidrios modelo indican que las costras porosas de los productos higroscópicos de corrosión aceleran la corrosión del substrato vítreo y han de ser por ello eliminadas, mientras que los depósitos de residuos no afectan el grado de deterioro. Cualquier daño en la capa de gel, como las ralladuras, juega un papel fundamental en la futura conducta de la corrosión sobre el vidrio (Römich y Fuchs 1992a, 1992b).

En la mayor parte de los objetos, la limpieza del vidrio es una parte necesaria e importante dentro del programa de conservación. La sensibilidad de las superficies vítreas durante la limpieza determinará el grado de corrosión posterior y decidirá la efectividad y estabilidad a largo plazo del tratamiento de conservación que vaya a ser aplicado.

---

## Recubrimientos protectores sobre el vidrio: exigencias y objeciones

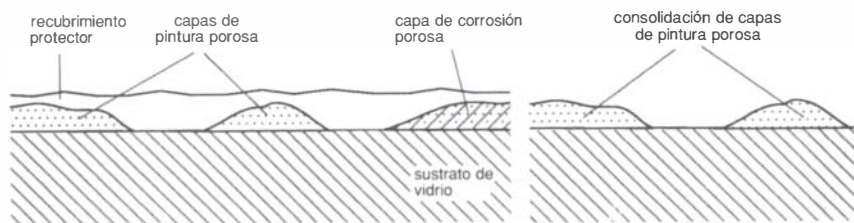
La eficacia de los recubrimientos protectores para los vidrios sensibles a la corrosión depende en gran medida de dos factores: las propiedades de adhesión a las superficies de vidrio afectadas por la corrosión y la capacidad para reducir la difusión del agua y los contaminantes.

Dado que cualquier tratamiento a altas temperaturas puede dañar los vidrios históricos, la aplicación de los recubrimientos protectores debería realizarse a temperatura ambiente.

Las exigencias para un material que vaya a ser utilizado como consolidante de las capas pictóricas difieren de las anteriormente mencionadas para los recubrimientos protectores en un aspecto: se necesita que la superficie no quede aislada del medio y requiere sin embargo el reforzamiento de una estructura porosa inestable (ver Figura 3).

Figura 3

Condiciones en superficie tras la aplicación de un recubrimiento protector o un consolidante de la capa pictórica.



Las normas de conservación requieren que los recubrimientos protectores sean reversibles, incluso tras el envejecimiento del material. En el caso de pinturas porosas, la “reversibilidad” sólo puede ser discutida a un nivel académico. Una vez que un consolidante se ha filtrado por los poros de una estructura frágil ya no podrá ser más tarde eliminado.

Por tanto, el hecho de que las capas de pintura se vean amenazadas supone una seria objeción contra los riesgos de los recubrimientos protectores, aun incluso cuando dicho recubrimiento pueda ser eliminado de la superficie del vidrio.

La ética de la conservación destaca, así mismo, el hecho de que cualquier recubrimiento protector interfiere en la estética original de la superficie del vidrio. Los tratamientos aplicados a las vidrieras no deberían alterar su aspecto visual, especialmente con luz de transmisión.

La estabilidad a largo plazo del material de conservación bajo rigurosas condiciones ambientales es la exigencia más difícil de cumplir. La exposición del vidrio a ciclos con variaciones de temperatura y humedad en combinación con la luz solar conduce a una deformación, amarilleado y envejecimiento de la mayor parte de los polímeros orgánicos.

Por otro lado, los expertos en vidrio advierten que el grado de permeabilidad residual al agua de las lacas orgánicas puede crear un espacio intermedio de humedad condensada y atrapada entre la resina (desprendida de la superficie) y el vidrio, el cual podría llegar incluso a acelerar el deterioro en lugar de proteger la superficie del vidrio (ver las observaciones sobre recubrimientos protectores [Newton 1982]).

## Los recubrimientos protectores convencionales

La lista más completa sobre recubrimientos protectores aplicados a las vidrieras fue la elaborada por Newton (Newton 1982; Newton y Davison 1989). Se han llegado a proponer una serie de productos pero la mayoría de ellos nunca han obtenido mayor importancia (ej. Acrylek, Bedacryl, cloruro polivinílico) (Newton 1982).

Existen tan sólo unos cuantos ejemplos de pruebas científicas sobre un producto realizadas en laboratorio y que hayan sido más tarde seguidas por una aplicación controlada sobre el terreno: por ejemplo, Viacryl VC 363 (Bettembourg y Perrot 1976; Bettembourg 1976) o mezclas de ceras (Drachenberg, Möller y Müller 1986; Müller, Drachenberg y Pouillon 1980). Las conclusiones extraídas de éstos experimentos son sin embargo controvertidas. Araldite (resina epoxídica) se aplicó sobre un panel (Herford, St. Johannis, Alemania, Siglo XIV) a pesar de—o desconociendo—los poco prometedores resultados de las pruebas de laboratorio

(Bettembourg 1976). Un examen en 1992, 23 años después de su aplicación, determinó que el recubrimiento protector se hallaba todavía en buen estado (exposición tras acristalamiento protector [Korn 1992]).

El único material actualmente utilizado en Alemania (tan sólo para la fijación de capas pictóricas en casos excepcionales) es el Paraloid B72. Este fue examinado en laboratorio (Marschner 1984) y evaluado por un grupo de restauradores con vistas a su aplicación práctica (Mueller-Weinitschke 1992). Algunas de las aplicaciones sobre el terreno de Paraloid B72 como recubrimiento protector fueron realizadas hace unos veinte años.

El proceso de laminación propuesto por Jacobi en 1955 (Jacobi 1957) consiste en recubrir el vidrio medieval con un polímero orgánico, laminándolo por ambas caras con vidrio transparente actual. Este método dejó de utilizarse en la Catedral de Colonia debido a una cierta reacción originada entre el adhesivo utilizado para pegar ciertos fragmentos frágiles o grietas y el polímero utilizado para rellenar el hueco entre el vidrio original y el vidrio de protección. Algunos de estos tratamientos han sido durante los últimos años eliminados (Brinkmann y Decker 1993).

Desde entonces no existe, según los estudios en la materia, un método ampliamente aceptado. Todos los métodos recomendados por un autor son rechazados por otro como inaceptables.

Tomando en conjunto los datos sobre los recubrimientos protectores convencionales observamos una falta de investigación sistemática. En las pruebas de laboratorio se han utilizado procedimientos no regulados para evaluar la efectividad de los recubrimientos. La mayoría de los experimentos se han centrado exclusivamente en la conducta de las resinas y sus posibles cambios tras un envejecimiento acelerado. Las investigaciones sobre los recubrimientos protectoras utilizando vidrios modernos pueden no conducir a los mismos resultados tras ser aplicados sobre una superficie afectada por la corrosión.

La mayoría de los estudios sobre el terreno no son comparables entre sí ya que ciertos datos importantes no son minuciosamente registrados antes del tratamiento: la prescripción exacta del producto (qué tipo de endurecedor y disolvente), el procedimiento de aplicación (dilución, grosor de la capa), investigaciones microscópicas y documentación de las condiciones en la superficie, condiciones medio ambientales durante la exposición, etc.

---

## El recubrimiento protector

ORMOCER

## El nuevo sistema de recubrimientos protectores

Dado que no existía un producto que satisficiera enteramente las complejas exigencias del campo de la restauración de vidrieras, se creó un sistema basado en tres capas, cada una con propiedades bien definidas (ver Figura 4) (Fuchs, Patzelt y Schmidt 1989; Kron 1992; Römich, Fuchs y Pilz 1993).

El material base del nuevo sistema de recubrimientos protectores es un heteropolisiloxano, llamado ORMOCER (Organically Modified

Ceramics) (Kron 1992) y tiene propiedades tanto de componentes inorgánicos como orgánicos. La síntesis de la laca se realiza según el proceso sol-gel (ver Figura 5).

El rasgo principal de este material es su buena capacidad de adhesión a superficies de vidrio afectadas por la corrosión. Por lo que respecta a su permeabilidad al agua, los valores de los heteropolisiloxanos se siguen manteniendo entre los polímeros orgánicos. Así pues, se introducen en la laca partículas inorgánicas laminadas que forman así una barrera de difusión más efectiva (ver Figura 4).

Figura 4  
Recubrimiento protector compuesto de tres capas, basado en ORMOCER.





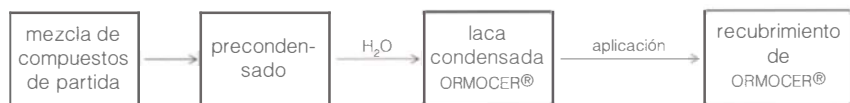
		
	<p><b>capa superior</b> 100% Paraloid B 72 Con estabilizadores UV solvente: tolueno dilución: 1:10</p>	<p>resistente a las ralladuras poca tendencia de atraer suciedad, protección contra los rayos UV</p>
	<p><b>capa intermedia</b> como recubrimiento base dilución: 1:10 reellenos inorgánicos embebidos</p>	<p>protección contra la corrosión mediante barreras de difusión adicionales</p>
 <p>vidrio corroído</p>	<p><b>recubrimiento base</b> 50% ORMOCER 50% Paraloid B 72 solvente: éster asético dilución: 1:6</p>	<p>adhesivo al vidrio y a productos corrosivos</p>

Figura 5  
Curso de la reacción del material base del ORMOCER.



Mediante la adición de Paraloid B72, se equipara el índice de refracción de la laca con el del vidrio y las partículas de relleno, haciéndolos invisibles a la luz de transmisión.

La débil estructura reticular del ORMOCER es necesaria con vistas a su solubilidad en disolventes orgánicos, lo que supone reversibilidad. Esta consecuencia inevitable en un material flexible ha de ser compensada con una tercera capa de Paraloid B72 a fin de incrementar su resistencia a las ralladuras.

### Caracterización y pruebas

La aplicación del recubrimiento de protección se desarrolló sobre vidrios modelo con una composición similar a la de los vidrios medievales muy sensibles a la corrosión. La evolución del proceso de corrosión en las muestras pudo seguirse mediante microscopia de luz y fue cuantificada mediante espectrometría de infrarrojos tras una preparación especial

(cortándolas en finas láminas). El efecto protector del ORMOCER se examinó comparando muestras de vidrio, tratadas y no tratadas, expuestas a determinadas tensiones climáticas y de contaminación ambiental, tanto dentro de cámaras climáticas como en la atmósfera exterior contaminada.

Las propiedades del recubrimiento protector fueron definidas mediante métodos científicos modelo: permeabilidad al vapor de agua, adhesión a sustratos de vidrio pulidos o afectados por la corrosión, estabilidad ante los rayos ultravioleta, resistencia al deterioro ambiental. Tras las pruebas de envejecimiento se comprobó la reversibilidad de la laca. Una vez eliminada de la superficie del vidrio fue examinada por microscopio, espectro de infrarrojo y espectrometría fotoelectrónica inducida por rayos X de un corte en profundidad (Fuchs et al. 1991; Römich, Fuchs y Pilz 1993). En otros escritos se reflejan los detalles sobre la preparación de las muestras, los métodos de caracterización y la discusión de los resultados (Fuchs, Patzelt y Schmidt 1989; Kron 1992; Römich y Fuchs 1992c).

### Estudios piloto

Tras una fase de pruebas en laboratorio de unos tres años, se confirmó la efectividad del nuevo sistema de protección, comenzando así los primeros experimentos con vidrios medievales.

Tras las investigaciones con piezas de vidrio a las cuales les había sido aplicado el recubrimiento protector, las llamadas “unidades experimentales de vidrio”, la última fase del desarrollo práctico incluía su aplicación en paneles de prueba, la cual se llevó a cabo en los talleres de los restauradores. Los paneles seleccionados para las pruebas abarcan diversos orígenes y fenómenos de corrosión del vidrio, así como distintos métodos de preparación:

- Gotland, Suecia (1986)
- Creglingen, Alemania (1988)
- Colonia, Alemania (1988)
- York, Reino Unido, paneles procedentes de la Capilla Zouche, el vestíbulo y la casa del Cabildo, norte y sur, (1989)
- Erfurt, Alemania (1990)

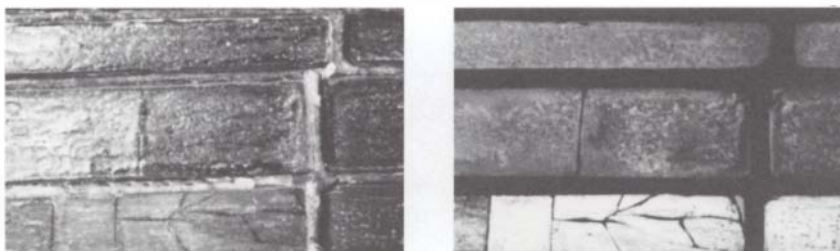
Antes del tratamiento fue necesaria una extensa documentación sobre la superficie del vidrio para determinar la evolución de la corrosión y el efecto protector tras largos períodos de exposición (Fuchs et al. 1991). Hasta la fecha, los paneles tratados con el recubrimiento protector han sido examinados una sola vez en 1991/1992 (Römich, Pilz y Fuchs 1993).

El panel de Gotland, expuesto en una ventana orientada al Este durante más de seis años, se hallaba en muy buenas condiciones como todos los demás paneles ubicados tras un acristalamiento protector (Erfurt, York). Los paneles sin protección adicional afectados por el deterioro ambiental durante unos cuatro años y ubicados en zonas con frecuente sol (Colonia, York, Creglingen) mostraron ciertas deformaciones

en la laca (ampollas, problemas de adhesión). No obstante, estos fallos puntuales en el sistema de recubrimientos protectores no condujeron a una notable corrosión del sustrato de vidrio. Los paneles orientados al Norte resultaron prácticamente inalterados (ver Figura 6) (Römich, Pilz y Fuchs 1993).

Figura 6

Parte de un fragmento de Colonia (siglo XIV) tras ser recubierto con ORMOCER y ser emplazado durante más de cuatro años en una ventana orientada al Norte (luz reflejada y luz de transmisión).



Tras el examen de todos los paneles, éstos han vuelto a ser instalados en sus emplazamientos originales. La próxima investigación está prevista para 1996.

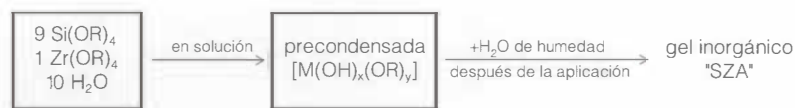
### El nuevo sistema de fijación

Cuando se establecieron los requisitos de este nuevo método de fijación se prefirió sacrificar la reversibilidad (dada la limitación, en práctica, de cualquier tratamiento de consolidación sobre pintura porosa) a cambio de la estabilidad a largo plazo del sistema.

Por lo tanto, los nuevos esfuerzos se centran en el desarrollo de geles inorgánicos cuya estructura y propiedades se ajusten en lo posible a la del vidrio. Se pueden preparar a partir de alcóxidos siguiendo el recorrido del sol-gel (ver Figura 7).

Figura 7

Curso de la reacción del consolidante de capas pictóricas SZA.



Se seleccionó una mezcla de alcóxidos de silicio y circonio (Römich, Pilz y Fuchs 1993; Römich y Fuchs 1992c) dada su reactividad y su capacidad para formar redes secundarias para sistemas porosos frágiles, proporcionando así un buen efecto consolidante. No obstante, su manejo y aplicación ha de llevarse a cabo según condiciones bien definidas: la disolución ha de ser preparada en fresco y sólo se mantendrá estable y podrá ser almacenada unas cuantas semanas; la eficacia del tratamiento depende, hasta cierto punto, de la humedad ambiental en el momento del tratamiento, dado que el precondensado en la disolución ha de seguir una serie de reacciones de hidrólisis y condensación durante la estructuración de su red tras su aplicación en el sustrato.

En vista de que un tratamiento con SZA es irreversible, no debería ser aplicado sobre superficies de vidrio sin capa pictórica, debiendo limitarse a las zonas pintadas que necesiten consolidación.

El recubrimiento protector ORMOCER y el consolidante de capas pictóricas SZA pueden ser combinadas dentro de un nuevo y amplio concepto de conservación: fijación local e irreversible de los contornos pictóricos afectados y protección reversible de toda la superficie del vidrio mediante la aplicación total del ORMOCER (Römich y Fuchs 1992c).

## Caracterización y pruebas

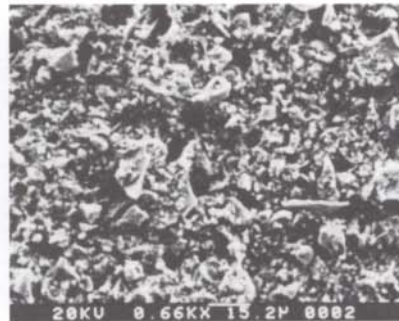
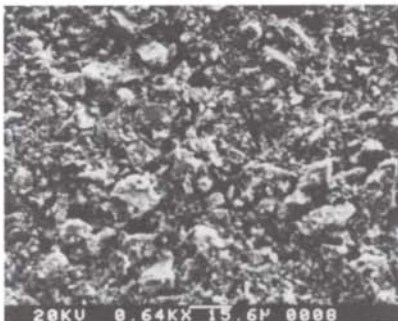
Sólo pueden obtenerse resultados comparables de series totales de experimentos utilizando piezas de muestra en lugar de originales. Con este fin, se simularon capas pictóricas desprendidas del vidrio (láminas microscópicas), se pintaron con una mezcla de "Schwarzlot", goma arábiga y agua, y se dejaron secar lentamente (200 °C, 2 horas) en lugar de cocerlas fuertemente.

Estas capas pictóricas son, en general, tan inestables que pueden ser eliminadas fácilmente por medios mecánicos, ofreciendo así un buen método de simulación de pinturas inestables (Römich, Pilz y Fuchs 1993).

La exigencia primordial de una consolidación con éxito es una perfecta penetración en las pinturas porosas. El sistema SZA se aplica por lo tanto en una disolución alcohólica de escasa viscosidad (preferentemente mediante un pincel, aunque también es posible utilizar un pulverizador).

La microscopía electrónica de barrido (SEM) de una pintura tratada con SZA indica que el sistema poroso permanece relativamente inalterado en comparación con una muestra equivalente no tratada. Las resinas acrílicas como el Paraloid B72, conllevan el riesgo de cubrir la pintura como una piel (ver Figura 8) (Römich Pilz y Fuchs 1993; Römich y Fuchs 1992c; Römich, Pilz y Fuchs 1994).

Figura 8  
Microscopía electrónica de barrido (SEM)  
preparada para simular pinturas desprendidas  
no tratadas, tratadas con SZA y tratadas con  
Paraloid B72.



Todos los tipos de resinas orgánicas disponibles para la consolidación tienden a transformar notablemente el color de los objetos. El SZA puede utilizarse sobre vidrios pintados sin originar importantes cambios de tono.



El efecto consolidante del SZA se comprueba mediante una muestra con pintura desprendida, tratada sólo parcialmente: pegando y despegando una cinta adhesiva, solamente la pintura consolidada se mantiene en el sustrato (Römich, Pilz y Fuchs 1993; Römich y Fuchs 1992c; Römich, Pilz y Fuchs 1994).

Al contrario de la pintura porosa descrita en la Figura 8, la cual puede tratarse fácilmente con SZA, las líneas de pintura exfoliadas requieren ser tratadas preferiblemente con un adhesivo y no con un consolidante.

### Estudios piloto

Después de unos tres años, se dio por concluida la fase de pruebas de laboratorio con el sistema SZA. Desde 1990 se han llevado a cabo diversos estudios piloto con paneles de vidrieras del siglo XIV, XVII y XIX. Tras un largo período de exposición en su emplazamiento original, se volverán a examinar los paneles a fin de evaluar la estabilidad a largo plazo y la eficacia del SZA como consolidante de capas pictóricas (Römich, Pilz, y Fuchs 1993, 1994).

---

### Investigación para la conservación

Todo producto aplicado a obras de arte debería ser examinado a fondo y ser evaluada su conducta a largo plazo. El ORMOCER y el SZA, desarrollados exclusivamente para la conservación de vidrieras, han sido aplicados en obras originales sólo tras una fase de pruebas de laboratorio de unos tres años, en la cual todos los experimentos han sido realizados utilizando materiales de simulación. Las técnicas de deterioro ambiental acelerado atestiguan unos resultados significativos durante esta fase de desarrollo. El último paso antes de recomendar un producto para su uso práctico—la valoración de los estudios piloto sobre obras originales—llevará todavía unos cuantos años. Dado que no existe una “solución universal” para todos los problemas, deberá ser un grupo de expertos (historiadores del arte, conservadores y científicos) quien decida sobre los posibles campos de aplicación y las limitaciones de las nuevas técnicas de conservación.

El resultado de una intervención no depende exclusivamente de la fiabilidad de los materiales utilizados sino también de la precisión de las técnicas aplicadas y la capacidad para reproducirlas, así como de la habilidad de quién las ejecuta. Dada la mayor sofisticación, en ciertos aspectos, en el manejo de los nuevos materiales, se hace necesaria una formación práctica de los conservadores, a fin de proporcionarles una base sólida de cara al éxito de los nuevos materiales para la conservación de vidrieras.

---

### Agradecimientos

El desarrollo del ORMOCER y del SZA fue parte del proyecto de investigación “Preservation of Historic Stained Glass Windows”, generosamente patrocinado por el Umweltbundesamt, Berlín, dentro del estudio internacional de la NATO-CCMS sobre vidrieras históricas concluido en 1992.

Los autores quisieran expresar su agradecimiento a los restauradores que fomentan, a través de su crítica y estímulo, la estrecha relación entre ciencia y conservación dentro de este proyecto.

---

## Notas

1. "Richtlinien zur Erhaltung historischer Glasmalereien", Información de los comités nacionales alemanes del CVMA e ICOMOS, Munich, 28 julio de 1993.

---

## Citas

- 1976 **Bettembourg, J. M.**  
Protection des verres de vitraux contre les agents atmosphériques. Etude de films de résins synthétiques. *Verres Réfract.* 30:87–91.
- 1976 **Bettembourg, J. M., y F. Perrot**  
La restauration des vitraux de la façade occidentale de la cathédrale de Chartres. *Verres Réfract.* 30:92–95.
- 1993 **Brinkmann, U., y P. Decker**  
Doublierung und Ent-doublierung an den Fenstern des Kölner Domes: Das Jacobi-Verfahren und seine Reversibilität. En *Jahresberichte Steinzerfall-Steinkonservierung 1993*, 213–20. Berlín: Ernst & Sohn.
- 1990 **Dombauhütte Köln**  
Conversación con el autor.
- 1986 **Drachenberg, E., R. Möller, y W. Müller**  
Geschichte, Zustand und Sicherung der mittelalterlichen Glasmalerei im Erfurter Domchor. *Sbornik Restauratorskych, Praci* 2–3:46.
- 1991 **Fitz, S.**  
Glass objects: Causes, mechanisms and measurements of damage. En *Science, Technology, and European Cultural Heritage: Proceedings of the European Symposium, Bologna, Italy, 13–16 June 1989*, ed. N. S. Baer, C. Sabbioni, y A. I. Sors. Oxford, Inglaterra: Butterworth-Heinemann
- 1989 **Fuchs, D. R., H. Patzelt, y H. Schmidt**  
Umweltbedingte Schädigungen an historischen Glasfenstern-Phänomene, Mechanismen, Konservierungskonzepte. En *Umwelteinflüsse auf Oberflächen. Kontakt & Studium*, vol. 282, 174–92. Ehningen, Alemania: Expert-Verlag.
- 1991 **Fuchs, D. R., H. Römich, y H. Schmidt**  
Glass-sensors: Assessment of complex corrosive stresses in conservation research. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 185:239.
- 1991 **Fuchs, D. R., H. Römich, P. Tur, y J. Leissner**  
Konservierung historischer Glasfenster. Internationale Untersuchungen neuer Methoden. Forschungsbericht UFOPLAN-Nr. 108 07 005/03.
- 1957 **Jacobi, R.**  
Die Konservierung alter Glasmalereien des Kölner Domes. *Glastech. Ber.* 30:509–4.
- s/f **Jägers, E., H. Römich, y R. Torge**  
Cleaning of glass from Erfurt cathedral. N.p.

- Korn, U.-D.**  
1992 *Bericht über das internationale Fachcolloquium zu Fragen der Restaurierung von Glasmalereien aus Herford/St. Johannis, Soest/St. Patrokli und Kloster Wienhausen.* Münster, Alemania: Westfälisches Amt für Denkmalpflege.
- Kron, J.**  
1992 *ORMOCER—Schichten auf Glas.* Würzburg, Alemania: Jahrestätigkeitsbericht des Fraunhofer-Institut für Silicatforschung.
- Leissner, J., W. Barkhausen, K. Wissenbach, y D. R. Fuchs**  
1994 *Glassensoruntersuchungen zur Laserbehandlung historischer Glasmalereien.* Forschungsbericht zum Teilvorhaben im Rahmen des BMFT—Verbundprojektes BAU 5026 C/4.
- Marschner, H.**  
1984 *Prüfung von Kunstharzen zur Malschichtkonservierung mittelalterlicher Glasfenster.* *CVMA Newsletter* 37/38:13–20.  
1985 *Glaskonservierung: Historische Glasfenster und ihre Erhaltung.* Arbeitsheft 32. Munich, Alemania: Bayerisches Landesamtes für Denkmalpflege.
- Mueller-Weinitschke, C.**  
1992 *Practical experiences with new materials for paint consolidation.* Conferencia en la reunión de expertos sobre el estudio NATO-CCMS, Preservation of Historic Stained Glass Windows, 6–8 diciembre, Würzburg, Alemania.
- Müller, W., E. Drachenberg, y H. Pouillon**  
1980 *Untersuchungen zur Schutzwirkung organischer Beschichtungen auf simulierten mittelalterlichen Gläsern.* *CVMA Newsletter* 31/32:7–12.
- Newton, R. G.**  
1982 *The Deterioration and Conservation of Painted Glass: A Critical Bibliography.* Londres: Oxford University Press.
- Newton, R. G., y S. Davison**  
1989 *Conservation of Glass.* Londres: Butterworths.
- Oidtmann, S.**  
1994 *Die Schutzverglasung.* Tesis, Universidad de Eindhoven.
- Römich, H., y D. R. Fuchs**  
1992a *Evaluation of the effectiveness and the potential damage of cleaning methods for the restoration of stained glass windows.* *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 267:1039.  
1992b *Untersuchungen zum Einfluss von Restaurierungsmassnahmen für historische Glasmalereien auf das Korrosionsverhalten der Glasoberflächen.* Forschungsbericht zum Teilvorhaben im Rahmen des BMFT Verbundprojektes BAU 5026 C/4.  
1992c *A new comprehensive concept for the conservation of stained glass windows.* *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vid.* 31—C7:137.
- Römich, H., D. R. Fuchs, y M. Pilz**  
1993 *Anwendungsorientierte Korrosionsprüfung an einem Schutzlack im Bereich Denkmalpflege.* *VDI Berichte* 1060, 409.
- Römich, H., M. Pilz, y D. R. Fuchs**  
1993 *Konservierung historischer Glasfenster-Internationale Untersuchungen neuer Methoden.* Forschungsbericht UFOPLAN-Nr. 108 07 005/03, Teil 2.

1994 A new material for glass conservation: Perspectives for ceramics heritage. Presentado en el 8º CIMTEC World Ceramics Congress and Forum on New Materials, Florencia.

**Scholze, H.**

1988 *Glas: Natur, Struktur, Eigenschaften*. 3ª ed. Berlín: Springer Verlag.

# Desarrollo de un plan exhaustivo para la preservación *in situ* de vidrieras históricas.

## Aspectos científicos y técnicos

Frank D. Preusser

LA CONSERVACION DE vidrieras históricas *in situ* ha de ser programada dentro del marco de la conservación de todo el edificio. Los acristalamientos protectores exteriores, adecuadamente diseñados e instalados, parecen ser la técnica más apropiada para proteger las vidrieras y frenar su deterioro. Los revestimientos protectores aplicados a la superficie del vidrio no son suficientes para protegerlo durante los largos períodos que transcurren entre los diferentes tratamientos de conservación. El control del medio ambiente y la instalación de vidrios sensores nos garantiza la temprana detección de cualquier problema, antes de que un nuevo deterioro mucho más serio comience a actuar sobre las vidrieras.

Las medidas de conservación para los bienes muebles han de poder ser reevaluadas en un determinado momento y, de ser necesario, modificadas, reversibilizadas<sup>1</sup>, repetidas o reemplazadas por distintos tratamientos. La conservación de arquitecturas o de grandes elementos arquitectónicos, como las vidrieras históricas, requiere un gran esfuerzo, tanto humano como económico. La posibilidad de que dicho esfuerzo vuelva a ser repetido en intervalos menores de cien años es mínima. Por lo tanto, cualquier plan de preservación ha de ser exhaustivo y debería usar materiales y métodos que protejan las vidrieras durante tan largos períodos de tiempo.

---

### Deterioro

Cuando se discute el deterioro de las vidrieras históricas, se suele insistir en los mecanismos químicos, fisicoquímicos y biológicos de la corrosión del vidrio. Se pone muy poco énfasis en los mecanismos físicos que contribuyen al deterioro, tales como la fuerza del viento, arena y granizo empujados por éste, temperaturas fluctuantes o extremas y vandalismo. Así pues, los mecanismos físicos de deterioro deben ser tenidos en cuenta a la hora de adoptar medidas de protección.

---

### Limpieza

La decisión de limpiar vidrieras históricas viene principalmente dada por motivos estéticos: la costra de meteorización creada sobre algunos colores

torna el vidrio opaco y tanto los colores como la composición dejan de ser claramente visibles. Comúnmente se acepta el hecho de que las costras de meteorización aceleran el deterioro del vidrio. Sin embargo, la pregunta que habría que formularse es si el vidrio no limpiado se deteriora, en efecto, más rápido que el vidrio limpiado y expuesto, sin protección alguna, al medio ambiente.

---

## Protección

Si las vidrieras históricas, una vez limpiadas, son expuestas al medio ambiente sin protección, el deterioro químico y físico volverá a actuar. Todo plan de conservación ha de incluir, por lo tanto, medidas de protección. Estas pueden ser recubrimientos protectores superficiales, doblajes, acristalamiento protector exterior y mallas protectoras.

### Recubrimientos protectores superficiales

Los recubrimientos orgánicos, inorgánicos y mixtos han sido desarrollados para la protección de los vidrios pintados. Si bien los recubrimientos inorgánicos ofrecen los mejores resultados protectores<sup>2</sup>, parece no existir, sin embargo, una tecnología apropiada para aplicaciones a gran escala de dichos revestimientos en el campo de la restauración de vidrios pintados<sup>3</sup>. Por consiguiente, tanto los revestimientos recientemente propuestos como los ya utilizados en el pasado, son de naturaleza orgánica o mezclas complejas.

Las exigencias que han de satisfacer los recubrimientos superficiales para lograr una protección eficaz del vidrio son:

1. Cubrir toda la superficie, sin dejar huecos o minúsculos agujeros
2. Tener una excelente adhesión al sustrato
3. Ser impermeables<sup>4</sup> al vapor de agua y a los gases corrosivos
4. Tener estabilidad ante la degradación química, fotolítica, fotoquímica, biológica y física
5. Tener adecuadas propiedades ópticas
6. Debería ser reversible para que pueda ser eliminado y reemplazado en caso de fallar

Si el recubrimiento no sella toda la superficie, el agua y los gases corrosivos podrían penetrar entre éste y el sustrato. Para obtener una eficacia total, la vidriera ha de ser totalmente desmontada para que se puedan recubrir individualmente las distintas piezas de vidrio. Esta es una intervención bastante radical que daría lugar a la pérdida adicional de partes del emplomado.

La aplicación de un recubrimiento que no deje huecos o minúsculos agujeros es un proceso laborioso y de larga duración, que depende en gran medida de las habilidades de la persona que lo realiza. El movimiento de fricción entre los plomos y el recubrimiento (ej. debido a la presión del viento) y la abrasión de éste por el granizo y la arena

arrastrados por el viento pueden penetrarlo, facilitando así el acceso de los agentes corrosivos del vidrio<sup>5</sup>.

Mediante el uso de ciertos agentes que fomentan la adhesión, se puede obtener una excelente mejora de la misma. Cuanto mejor sea la adhesión, más difícil será, sin embargo, el poder desprender totalmente el recubrimiento en caso de que fuera necesario.

La impermeabilidad de un recubrimiento inorgánico al vapor de agua y los gases corrosivos es un objetivo muy difícil, si no imposible, de alcanzar. Se puede obtener, sin embargo, una fuerte reducción de la permeabilidad<sup>6</sup>. Como en la mayoría de los tratamientos de conservación ésto significa que el deterioro no se ha detenido sino que se ha reducido hasta un nivel considerado aceptable.

Todos los materiales orgánicos, especialmente los expuestos a un medio exterior urbano, están expuestos a la degradación (química, fotolítica, fotoquímica, biológica y física), y sólo se diferencian por el grado de transformación. A largo plazo, todos los recubrimientos orgánicos acaban fallando. Por desgracia, la complejidad de las exposiciones al aire libre, incluyendo los efectos sinérgicos, no puede ser simulada mediante experimentos de envejecimiento acelerado. Unos cuantos años de exposición al aire libre son, sin duda, insuficientes para poder predecir la duración efectiva de los revestimientos más duraderos.

## **Doblajes**

El doblaje de los vidrios pintados con un vidrio transparente ha demostrado ser un método con muchas deficiencias. Aparte de ser un proceso muy laborioso y costoso y aumentar el peso de las vidrieras, su gran desventaja parece radicar en el adhesivo utilizado. La decoloración y los fallos en el adhesivo son los mecanismos de fallo más frecuentemente citados. Por otro lado, el método es prácticamente irreversible.

## **Acristalamiento protector exterior**

Un gran número de publicaciones ha demostrado que los acristalamientos protectores exteriores, adecuadamente instalados y ventilados, pueden ofrecer una gran protección a las vidrieras históricas. Las cuestiones estéticas que llevan implícitas pueden superarse mediante un adecuado diseño e instalación de los mismos.

Debería llevarse a cabo un control del medio ambiente, para evitar que se produzca una condensación no deseada. La instalación de vidrios sensores, desarrollados por el Fraunhofer-Institut für Silikatforschung en Würzburg, puede proporcionar una seguridad adicional, e indicar la existencia de ciertos problemas en su fase inicial.

## **Mallas protectoras**

Las mallas protectoras proporcionan una excelente protección contra el granizo y las diversas formas de vandalismo. Su influencia en los

parámetros medioambientales que afectan a la vidriera es, no obstante, muy limitada.

---

## Consolidación de grisallas y pinturas

Los mismos factores expuestos para los recubrimientos protectores son válidos para los materiales utilizados para la estabilización de grisallas y pinturas. Si no se adoptan medidas de protección, estos materiales acaban por deteriorarse y perder su efectividad bajo la influencia del medio ambiente. Incluso utilizando protección adicional, como los acristalamientos protectores exteriores, el proceso de deterioro tan solo se verá reducido.

---

## Las vidrieras históricas dentro del contexto del edificio

Demasiado a menudo las vidrieras son consideradas como un elemento separado del edificio, casi como si fueran objetos de museo. Frecuentemente, las medidas para su restauración y conservación dentro del edificio (ej. conservación y sustitución de la piedra) son proyectadas y ejecutadas por separado y sin coordinación alguna. Esta falta de coordinación puede poner en peligro la protección de las vidrieras. Los proyectos de conservación de estructuras históricas con vidrieras deberían perseguir un enfoque integral, teniendo en cuenta todos los aspectos, incluyendo las vidrieras, programando las actividades de tal forma que el manejo de las vidrieras y su exposición a los riesgos mecánicos y químicos se reduzca al mínimo.

---

## Conclusión

La conservación *in situ* de las vidrieras históricas ha de ser programada dentro del contexto de la conservación y el mantenimiento de toda la estructura. Teniendo en cuenta los grandes períodos de tiempo que transcurren entre los diferentes tratamientos de conservación, todo tratamiento y medida de protección ha de tener una gran duración. Si bien los nuevos sistemas de recubrimiento protector han demostrado su eficacia en la protección de vidrios pintados, su conducta a largo plazo nos es todavía desconocida. Teniendo en cuenta los numerosos mecanismos que pueden dar lugar a fallos en los revestimientos protectores orgánicos, no podemos confiar en ellos para la protección a largo plazo de los vidrios pintados expuestos al aire libre. Los acristalamientos protectores exteriores bien instalados y ventilados, si se desea en combinación con revestimientos protectores de gran calidad, siguen siendo el método de protección más eficaz.

---

## Notas

1. Siempre que se haya aplicado un tratamiento. Se da por entendido que algunos tratamientos, como la limpieza, son irreversibles.
2. Se debe tener en cuenta, no obstante, que estos revestimientos son irreversibles.
3. Se espera que en el futuro la tecnología del sol-gel nos permita producir revestimientos inorgánicos con las propiedades deseadas y a temperatura ambiente.



4. O tener una permeabilidad tan baja que el proceso de deterioro se vea reducido hasta unos niveles aceptables.
5. También los daños mecánicos, como la rotura de las piezas de vidrio o el daño causado por el vandalismo, acaban por mermar el revestimiento.
6. En el caso de ORMOCER, esto se obtiene mediante la adición de fibras de vidrio.

# La luz interior: el vitral en el arte moderno

*Julián Zugazagoitia*

**E**L MANIFIESTO FUNDADOR del Bauhaus, la escuela de arte que revoluciona totalmente el arte moderno y su enseñanza, reproduce en su cubierta un grabado de Lyonel Feininger que representa una catedral (1919), ver Figura 1.

*Figura 1*  
La Cathedrale, Feininger (1919).



Es particularmente significativo que el programa que proclama “la nueva construcción del futuro” haga implícitamente referencia a la catedral, imagen de un tiempo en que la iglesia garantizaba la cohesión social, y la catedral representaba la integración de todas las artes y de todos los saberes en un edificio. Walter Gropius—el arquitecto visionario que supo reunir a los artistas más significativos de la época alrededor de un proyecto cargado de idealismo—explicita en su manifiesto que el edificio del futuro debe ser “un símbolo de cristal de la nueva fe que está por llegar”.

La utilización de la técnica del grabado en madera acentúa el carácter rústico y medieval de la catedral. La afinidad entre la técnica y el tema no puede ser pura casualidad. Los cortes en el espacio dejan ver que la lección cubista ha sido asimilada; la fuerza de las líneas nos jalan hacia las estrellas que estallan por encima de la catedral. La transparencia de los planos abre horizontes inciertos; las fronteras entre espacio interior y espacio exterior se disuelven.

La confusión del espacio rompe con las leyes racionales de la perspectiva. La modernidad sustituye al espacio cartesiano del renacimiento, un espacio sensible; una manera más de acercarse al espacio bizantino medieval. El rechazar el espacio de la exterioridad es una manera de hacernos redescubrir nuestra interioridad.

El manifiesto del Bauhaus es representativo del *Zeitgeist*, espíritu del tiempo, que dominó durante principios del siglo. Este es el de una visión utópica del medioevo que puede fundar una sociedad nueva. Sueño éste que marcó determinadamente el advenimiento del arte moderno como aspiración colectiva a un arte que borraría las fronteras entre las disciplinas artísticas y que fusionaría las creaciones en obras totales. Ese arte total habría de tener como última consecuencia el de generar un hombre nuevo.

El arte del vitral reaparece dentro del contexto del redescubrimiento y ensueño de un paraíso perdido medieval, y se afirma en el siglo xx a través de la búsqueda de una espiritualidad a reconquistar.

Dejando de lado los aspectos técnicos, el vitral reapareció como parte de una totalidad más grande, la del edificio religioso, lugar de integración de las artes y de la comunidad.

---

## La modernidad y el medioevo soñado

Siempre me ha parecido curioso que la modernidad, tan radical en sus manifiestos y realizaciones, haya solidificado su aspiración con el modelo medieval en mente.

El redescubrimiento del medioevo y el movimiento del renacimiento gótico en el curso del siglo xix responden a la crisis resentida después de que, como expresa Holderling, “los dioses abandonaron la tierra”.

Si el siglo de las luces había puesto a la Diosa Razón en el centro de su Olimpo, hay que reconocer que rápidamente esa Diosa no bastó. En reacción se generalizó una aspiración a una espiritualidad profunda e individual. Las religiones estructuradas no encauzaron estas aspiraciones y

aparecieron círculos esotéricos y asociaciones paralelas muy activas, de acuerdo a Steiner, Rosenkraud y Blavatsky. Se debía satisfacer una sed personal e íntima de acercarse, no a la religión, sino a la espiritualidad; el arte va a jugar en cierto modo ese papel.

El movimiento romántico alemán ya traduce esa aspiración al manifestar una especie de panteísmo en donde las fuerzas de la naturaleza hablan directamente al alma del espectador. Algunos cuadros de Caspar David Friedrich nos hacen proyectarnos dentro de sus personajes que contemplan un paisaje montañoso. El hecho de que sus personajes nos den la espalda nos invita a tomar su lugar y vivir ese momento de contemplación y recogimiento. El romanticismo hace vivir la experiencia que Kant llamó lo sublime, pero que quizá, para mantener la analogía con el mundo espiritual más presente, podría calificarse de éxtasis; la contemplación como una manera de salir de sí.

Que sean los románticos alemanes los protagonistas del movimiento del renacimiento gótico o los pre-rafaelitas, todos concordaban en que el medioevo era una especie de paraíso perdido que había que reconquistar.

Esa reconquista tomó varias formas. Por una parte se restauraron muchos monumentos medievales hasta entonces poco atendidos. Ruskin en Inglaterra y Viollet-le-Duc en Francia son los más ardientes defensores de los edificios medievales y de su rescate. Viollet-le-Duc, en su calidad de inspector general de los monumentos históricos, lanza grandes restauraciones y busca, dentro de la estratigrafía de las varias épocas de los edificios, fijar una supuesta auténtica estructura medieval. Su preocupación por llegar a la autenticidad del edificio lo llevó a comisionar vidrieras que imitaran las antiguas.

En Inglaterra, Charles Winston, un abogado de profesión, arqueólogo a sus horas perdidas y amante del arte, experimenta soluciones para obtener los coloridos de los vidrios medievales obteniendo excelentes resultados. William Edward Chance, vidriero de Birmingham, alcanza a mediados del *xix* una calidad superior a la del medioevo.

El arte y la técnica del vitral fue rescatado del olvido en el que había caído hasta mediados del *siglo xix*. A partir de estos experimentos y logros, la técnica del vitral conocerá un incesante desarrollo que permitirá su rápido perfeccionamiento y divulgación. Sin embargo, tomará tiempo antes de que la iconografía de las vidrieras adquiera una cierta autonomía con respeto a los cánones heredados del pasado.

### **El Palacio de Cristal, catedral del *siglo xix***

Todo parecería favorecer la expansión del vitral. Por una parte se redescubre el valor plástico de las vidrieras del medioevo, y por otra la tecnología de construcción moderna parece medir sus logros con el ideal gótico de abrir sus muros a la luz.

Que mejor ejemplo que el Palacio de Cristal construido por Sir Joseph Paxton en 1851 para albergar la Gran Exposición Universal de Londres. La gran estructura que sirvió de recinto será el modelo para

todas esas construcciones como un fino encaje bordado de metal y vidrio. ¿No se utiliza también el término de “encaje” para calificar algunas proezas del gótico flamígero?

De la misma manera que la catedral comporta en sí el resumen del saber de su época, las exposiciones universales pretenden reunir durante un tiempo todos los conocimientos del mundo bajo un mismo techo. El imaginario sobre el cual reposan las Exposiciones Universales es el de la enciclopedia de Diderot y Dalember. Es el lugar donde se encuentran en un mismo tiempo y en un mismo lugar todos los avances de la civilización: técnicos, tecnológicos, científicos y artísticos. A diferencia de la catedral, el razonamiento que hay detrás no es el de la síntesis o integración sino el principio analítico: todo se muestra en sucesión, como las definiciones se suceden en la enciclopedia o en sus planchas de dibujos.

El espíritu analítico del siglo XIX no está abierto a la luz transfigurada. Los miles de metros cuadrados del Palacio de Cristal serán recubiertos de vidrios transparentes para que dejen pasar la luz natural, objetiva y racional.

Sin embargo, como era de esperarse en esos catálogos del saber universal, el vitral también tiene su lugar: aparece tanto en la enciclopedia como en la exposición de Londres. En la enciclopedia de Dalember y Diderot con una plancha de imágenes; en Londres, 24 artesanos y talleres de vidrieros exponen sus realizaciones dentro del Palacio de Cristal. Significativamente, el catálogo de la exposición reconoce al respecto: “El público pensará que el arte del vitral se había perdido. De hecho no se había perdido, solamente dormía adormecido. Las bellas obras expuestas este año, ejecutadas por artistas vivos, proclaman su renacimiento”.

Contrariamente al espíritu analítico que anima esas manifestaciones, los artistas aspiran a obras de arte de carácter sintético y orgánico. Buscando la sociabilidad perdida, los artistas del siglo XX crearán asociaciones y agrupaciones. El manifiesto del Bauhaus es también ejemplar en ese sentido cuando proclama: “Formemos una nueva comunidad de artesanos, desprovista de la arrogancia de la división de clases que quiere elevar un muro de orgullo entre el artesano y el artista. Pensemos, elaboremos y creemos en común la construcción nueva del futuro que sintetizará todo en una forma única”.

Al lanzar ese llamamiento, un ejemplo concreto mueve la pluma de Gropius: el del movimiento inglés de Artes y Oficios.

## Artes y Oficios

El movimiento de Artes y Oficios no puede estar mejor encarnado que por *The Firm*, la empresa de decoración y artes aplicadas fundada por William Morris y por Edward Burne-Jones. Su colaboración es fundamental para el desarrollo original del renacimiento gótico y para el renacimiento del vitral. La empresa nació en 1861 y su originalidad residió en poner en el mismo rango los varios campos de actividad a la que su

empresa se dedicaba como lo señala su publicidad: “la decoración mural, la escultura arquitectónica, vitral, cerrajería artística, joyería, muebles, bordados y, en general, todos los artículos de uso doméstico”.

Influidos por las conferencias de Ruskin, los vitrales que salen de *The Firm* nunca serán simples pastiches, sino que mantienen una certera originalidad incluso al evocar el modelo medieval. En este sentido son representativos los Vitrales de Burne-Jones para la Iglesia de Cristo de Oxford.

Los contrastes entre los primeros y los últimos vitrales de Burne-Jones aparecen claramente en la Iglesia de Cristo de Oxford donde se pueden apreciar dos vidrieras ejecutadas en un intervalo de doce años.

La vidriera de San Frideswide de 1859 se encuentra en la Capilla Latina. Los dibujos de Burne-Jones de una gran complicación y con un gran número de personajes fueron brillantemente ejecutados, no por Morris, sino por el vidriero James Powell. En el estilo se siente que aún no se han conquistado las sutilezas y especificidad del vitral.

El ejemplo tardío de la misma iglesia, la vidriera de Vyner, realizada entre 1872–1873, muestra a Burne-Jones en el apogeo del dominio de esta técnica. La vidriera, en la Capilla de Nuestra Señora, ocupa cuatro lancetas. La vidriera fue comisionada para celebrar la memoria de un joven estudiante asesinado. En adecuación con el tema, el profeta Samuel, el Rey David, Juan evangelista y Timoteo, son representados en la plenitud de su juventud. La serenidad resplandece por los tonos claros y por la economía de colores utilizados. Aquí se ve la maestría con la que Burne-Jones utiliza el emplomado para dibujar sus temas y acentuar sus composiciones.

El ideal colectivo de ese tipo de agrupaciones y las preocupaciones estéticas de llegar a un arte orgánico serán asimiladas por movimientos como el Art Nouveau y, a otro nivel, por las vanguardias del siglo xx.

Sin duda el Art Nouveau merecería que nos detuviésemos, sobre todo por la contribución que hizo introduciendo el vitral en el mundo cotidiano profano: restaurantes, casas y hasta teatros, y pienso en particular en el maravilloso telón contra incendios que Tiffani realizó para el Palacio de Bellas Artes de México.

---

## La modernidad hacia la obra de arte total

A principios de siglo la búsqueda de una nueva espiritualidad ligada a una nueva sociabilidad puede verse reflejada en las realizaciones de artistas como Matisse, Delaunay, Mondrian, Kandinsky y Léger que abordan en su obra el problema de la luz, de la transparencia, de la interioridad y de una reconquista del paraíso perdido.

Estos artistas se alejaron de la figuración tradicional. Romper con el espacio tradicional de la representación significaba abrir un espacio sensible. La abstracción quiere eliminar la anécdota para hablar directamente a los sentidos. Las conquistas de la abstracción van a desbordarse del simple marco de la pintura y van a generalizarse en las demás artes que buscan realizar obras colectivas.

Las principales vidrieras del siglo xx aparecen en el contexto de lo que podríamos llamar la aspiración de la obra de arte total. El requerimiento de un soporte arquitectónico (con escasas excepciones) lo hace parte de un conjunto más grande y de preocupaciones ligadas al manejo y juego de la luz.

La modernidad se caracteriza por sus grandes proyectos utópicos. Estos son espacios de arte total donde las disciplinas artísticas confluyen en una síntesis artística única. Pocas realizaciones o aproximaciones nos permiten ver concretizadas esas aspiraciones. Sucede frecuentemente que encontramos vitrales como parte de esas escasas realizaciones artísticas.

Una excepción, sin embargo, son las construcciones del Estilo Internacional. La invención de las ventanas gigantes, de las paredes de cristal, que podríamos haber esperado fueran soportes para magníficas vidrieras, escasas veces fueron cubiertas por vidrios de colores. Estas construcciones están animadas por el ideal de la razón, ante ella las metáforas de la luz divina transfigurada no tiene eco: los vidrios cantan la transparencia, la objetividad de la luz natural.

## El Bauhaus

Lo que prometía el dibujo de Feininger de un mundo de cristal, se transformó en la transparencia objetiva.

La escuela del Bauhaus ilustra bien esa transición de una concepción todavía poética de la luz, con reminiscencias medievales, a la objetividad de la máquina. La escasa producción de vitrales es significativa de esa transformación al interior del Bauhaus.

La escuela que fundó Gropius reunió a los mejores artistas y artesanos de su época. En sus breves años de existencia de 1919 a 1933, cuando tuvo que cerrar por el Nazismo, generó un estilo artístico cuya herencia sentimos en todo nuestro entorno hoy en día.

El Bauhaus tuvo, en grandes líneas, dos períodos. El primero, todavía inspirado por el ideal medieval de la cofradía de artesanos-artistas, y un segundo, más orientado a una colaboración con la industria.

El taller de vitral se inició, todavía bajo el espíritu medievalista, al segundo año de existencia del Bauhaus (1920) bajo la dirección de Itten. A partir de 1922 Paul Klee se encarga del taller por su interés en la luz y las relaciones del color y la transparencia (preocupaciones presentes en sus acuarelas). La amplia experiencia que Klee, como Kandinsky, tiene de la técnica popular bávara de la pintura sobre vidrio, lo predisponían naturalmente para el puesto. Klee dirigió el taller hasta su desintegración en 1924.

Durante todos esos años, a diferencia de los otros talleres, el de vitral no contó con un maestro-artesano (un especialista de la técnica, a diferencia de los maestros de la forma que eran esencialmente pintores escogidos por sus cualidades como artistas).

Joseph Albers fue uno de los primeros alumnos en interesarse, y el que le dio quizá mayor relieve al taller. Desde el curso preparativo de Itten, Albers manifiesta un interés particular por el vidrio. El Vorkurz, o curso

preliminar, estaba destinado a familiarizar a los alumnos con la diversidad de materiales y a liberarlos de las cadenas de la academia. Debían expresarse a través de la yuxtaposición de materiales opuestos y encontrar las fuerzas expresivas de ellos.

Albers empezó a recoger vidrios por las calles y ensamblarlos, como en la composición “Imperial” de 1923. Las obras así realizadas lo liberaron de la figuración innovando grandes composiciones abstractas en donde los emplomados forman parte integrante del diseño.

La poca demanda de vitrales para la arquitectura civil hizo que el taller cerrara. Albers ejecutó las tres únicas vidrieras comisionadas al Bauhaus. La primera, en 1922, fue la vidriera de la escalera para la casa de Adolf Sommerfeld en Berlín. El diseño que Gropius y Adolf Meyer realizaron para el rico industrial de la madera, glorifica el trabajo artesanal y la nobleza del material, marca todavía el estilo del primer período del Bauhaus.

El uso estricto por parte de Albers de formas geométricas ha llevado a estudiosos a pensar en una posible influencia del Stijl sobre él. Aunque no está del todo probado, la importancia del vitral al inicio del Stijl merece que nos detengamos brevemente en las realizaciones de Van Doesburg.

## De Stijl y el café de l’Aubette

Son poco conocidas las vidrieras que Theo Van Doesburg realizó en torno a los años 1916–1917, años en los que empezaba a formar el núcleo alrededor del cual lanzaría De Stijl y que le ayudaron a encontrar el lenguaje simple de líneas ortogonales que identificará más tarde al movimiento.

Durante este tiempo Theo Van Doesburg realiza algunas naturalezas muertas que empiezan a recortar el plano de la representación en planos geométricos. Sin embargo no es el rigor racional de los cubistas lo que lo guía sino un sentimiento expresionista, como le escribe a su amigo Kok el 2 de julio a propósito de la Naturaleza Muerta N<sup>o</sup> IV: “Una naturaleza muerta no es mas que un pretexto; lo que pinto realmente es mi estado emocional”. Dos semanas después le escribe una carta donde dice haber encontrado la vía a seguir: “El museo de arte medieval y la iglesia de Saint Bavon me ayudaron a encontrar mi tarea: la atmósfera cristalina”. Pocos días más tarde le pide prestados objetos de cristal para iniciar otra naturaleza muerta.

Impregnado del *Zeitgeist* (espíritu de tiempo), Van Doesburg se activa para fundar una asociación de artistas. A partir de 1916 Van Doesburg empieza contactar a los artistas que más tarde formaran parte de De Stijl como Mondrian, Huszar, Oud y Bart Van der Leck. La temprana relación con el arquitecto Oud hace que Van Doesburg se interese por la interacción de la pintura y la arquitectura. Una primera colaboración va a surgir en la que Oud le pide a Van Doesburg que realice un modesto vitral para la casa del alcalde de Broek-in-Waterland. Van Doesburg se confronta con una técnica desconocida hasta entonces.



Pareciera que su amigo húngaro Huszar lo hubiera ayudado a familiarizarse con la práctica del vitral y su influencia se hace sentir sobre esa primera realización.

Ese invierno Huszar y Van Doesburg ven el *Tríptico de la Mina* de Bart Van der Leck (1916) y se entusiasman por la radicalidad de las soluciones plásticas, por la reducción de lo anecdótico a lo esencial.

Los vitrales que realiza en esos años son determinantes para su abandono de la figuración y para la afirmación de su estilo lineal. La transición se puede ver con el vitral “La Danza I (colores primarios)” de 1917. La figura, todavía reconocible, aparece, como en los naipes, simétricamente con respecto a un eje diagonal. La composición vale por sus contrastes geométricos donde casi por última vez aparecen círculos. Ya se afirma la utilización de colores primarios simples en una valoración de la pureza.

En la primavera de 1917 aparecen por vez primera las composiciones con planos rectangulares como el tríptico “Composición IV”, tríptico para la Villa De Lange, y este lenguaje se afirma ya en “Composición V”, donde es difícil visualizar el sistema que empleó de permutaciones y variaciones para dar un ritmo al vitral, reducido a colores simples.

En el lapso de seis meses, Van Doesburg llega a encontrar su lenguaje plástico consagrando la mayor parte de su tiempo a los vitrales. Esos vitrales son pues la primera contribución de Van Doesburg a la estética naciente del Stijl. El nuevo plasticismo de Mondrian y Van Doesburg debe curiosamente parte de su sistema a la necesidad del emplomado y de la estructura del soporte.

La integración de las artes será una de las constantes preocupaciones del movimiento y la realización en 1928 del *Café de l'Aubette* en Estrasburgo es el ejemplo más sobresaliente de un entorno total. Varios salones distribuidos en cinco pisos conformaban el conjunto de l'Aubette : un dancing-cine, un restaurante, una cafetería, un salón de té, un bar y una sala de billar. Cada sala fue decorada según los principios de Van Doesburg, Sophie Tauber y su marido Jean Arp, ya un poco alejados del Neo-plasticismo de Mondrian. El diseño era total, desde los decorados al grafismo de la señalizaciones.

La incompreensión del público ante esta forma de arte tan total hizo que desafortunadamente hoy nada sobreviva de la decoración original de 1928. Sólo algunas fotos y muchos bocetos nos hablan con elocuencia de sus varios salones y su decoración total. De los vitrales para decorar la escalera de l'Aubette sólo sobrevive una maqueta preparatoria en el Museo de Arte Moderno de Estrasburgo.

El arte del vitral, a pesar de haber jugado un papel importante en los artistas de vanguardia, desaparece poco a poco de sus preocupaciones en cuanto la racionalidad del Estilo Internacional reemplaza la vena místico-expresionista. Los artistas cada vez más aislados en sus búsquedas radicales, tienen más dificultades para encontrar mecenas interesados en comisionar entornos totales donde el vitral tuviera su lugar.

## El vitral por los artistas modernos: l'Art Sacré y el padre Couturier

Las dificultades del vitral para implantarse en el ámbito secular vienen de una pronta asimilación con lo religioso. Las grandes realizaciones del vitral moderno en Francia tendrán lugar en la iglesia y son el fruto de toda una reflexión sobre la decadencia del arte sacro.

Para combatir los pastiches insípidos de Saint-Sulpice, Maurice Denis y Georges Desvalieres van a proponer una reforma del arte religioso y abren los Talleres de Arte Sacro (Ateliers d'Art Sacré). Se proponen recobrar la dignidad del trabajo artesanal y reunir todas las disciplinas artísticas para satisfacer las necesidades litúrgicas.

La renovación del arte de la iglesia en Francia se debe a la figura del padre Marie-Alain Couturier (1897–1954).

Interesado en el arte, integra los Talleres de arte sagrado en 1919 antes de ordenarse con los Dominicos. Sus propias decoraciones y vitrales (para Notre Dame de París, cripta de Notre Dame de Chartres, etc.) le confieren una celebridad internacional. En 1937, junto con el padre Regamay, llega a la cabeza de la revista *l'Art Sacré*. En el número 18 de la revista nace la polémica del arte sagrado al escribir Couturier en abril de 1937 que “las principales causas de la decadencia del arte sacro no son de orden artístico, sino de orden religioso. La decadencia está ligada al declive del espíritu cristiano en el mundo occidental”, y concluye: “no puede haber un arte cristiano cuando no hay una civilización cristiana”.

Couturier se hizo enemigos entre el clero al criticar a los artistas especializados en el arte religioso. La fe no le impedía interesarse por las búsquedas de los artistas laicos de vanguardia.

Al encontrar en esos círculos artísticos un arte lleno de vida y cargado de una exigencia esencial, Couturier será el primero en tratar de lanzar el puente entre el mundo de los artistas de talento, la mayoría de ellos ateos, y la iglesia que es reacia a acoger cualquier cambio.

El padre Couturier escribe a Le Corbusier que para provocar el renacimiento artístico cristiano “es más seguro comisionar obras de genios sin fe que obras de creyentes sin talento”. El tono está dado. En 1939 Couturier prosigue: “El día en que Dufy, Segonzac, Picasso, Derrain, Matisse, Bonard tengan pedidos para Saint-Sulpice, Notre Dame o el Faubourg Saint-Honoré, el día en que Perret, Le Corbusier, Mallet-Stevens construyan las obras del Cardenal . . . ese día la iglesia habrá recobrado el sentido de la grandeza, la costumbre de dirigirse a los más grandes, a los verdaderos maestros y no a mediocres, más o menos especialistas”.

Retenido en Nueva York durante la guerra, ahí se liga de amistad con Léger y Chagall y prepara lo que será una cruzada por hacer entrar el arte moderno dentro de la Iglesia.

A su regreso en 1948, tres grandes proyectos van a concretar sus anhelos y ver materializar sus aspiraciones. El momento es el preciso; después de la guerra, se necesita lanzar proyectos que reanuden la fe y den esperanza en el futuro. Los artistas que aceptan la invitación del padre Couturier ya han hecho su obra; la madurez los destina a confrontarse con una realización de arte sacro en la plenitud de sus estilos respectivos. La confrontación con la temática religiosa y con la atmósfera sagrada, aportará frutos interesantes.

## La iglesia de Assy

La introducción del arte moderno en Assy se remonta a la exposición “Vitales y Tapicerías” que Jean Hebert-Stevens, Pauline Peugnez y el padre Couturier organizaron en el Petit Palais en 1939. Ahí el cura Deveny adquiere el vitral representando un Cristo de Rouault para la iglesia de Assy en la Saboya alpina construida ese mismo año por el arquitecto Maurice Novarina.

Assy se vuelve el primer recinto sacro en acoger el arte moderno. Si el vitral de Rouault es la transcripción fiel de una pintura, habrá que esperar los vitrales de Chagall, Bazaine, Berçot, Brianchon, Bony y el propio Couturier para tener vitrales específicamente pensados para ese medio. Los amigos de Couturier van a ser solicitados. Bonnard pinta una de sus últimas obras para Assy en 1943, un San Francisco de Salles; Braque esculpe el tabernáculo, Lipchitz una virgen, Leger decora la fachada con un enorme mosaico, Matisse dibuja un San Dominico. En 1949 Germaine Richier esculpe un gran Cristo “paisible et douloureux” (apasible y dolorido) que desatará un escándalo, sólo apaciguado al retirar la obra.

El éxito de la iglesia hace que sea clasificada como obra de interés nacional y que la dirección de Bellas Artes acabe pagando parte de los encargos. El éxito de la iglesia como realización artística, como museo moderno de arte sacro, cuestiona: ¿Los peregrinos acuden fieles a la religión cristiana o a la del arte moderno? Cualquiera que sea la respuesta, Couturier se alegra mucho que la vida haya de nuevo invadido la iglesia.

A principios de los años cincuenta, Novarina también es llamado para construir la iglesia del Sagrado Corazón de Audincourt. Aquí el programa decorativo se estructura alrededor de los vitrales comisionados a Fernand Leger para toda la nave de la iglesia y a Jean Bazaine para el baptisterio, ver Láminas 13 y 14.

Audincourt incorpora las vidrieras horizontalmente, como un friso en 17 partes. La libertad de la arquitectura con respecto a las cargas está afirmada. Fernand Léger, con la ayuda y experiencia del vidriero Jean Barillet, llega a colorear el vidrio directamente obteniendo coloridos exactos de sus diseños. El cemento en el que están encastrados estos vitrales acentúa la línea gruesa que suele usar Léger en sus pinturas. A propósito del friso, Léger afirma, como para responder a la problemática del arte moderno en la iglesia, y como para estar bien consigo mismo: “Es el mismo hombre el que realizó los paneles de la ONU y el de los vitrales de Audincourt. Deseaba aportar un ritmo evolutivo de formas y colores para todos, para creyentes y no creyentes”, ver Láminas 15 y 16.

A la temática de la Pasión de Cristo y sus símbolos, tratada con el estilo característico de Léger, responde el baptisterio decorado por Bazaine en el lenguaje de la abstracción libre que dominó los años cincuenta. Bazaine, para el baptisterio, se inspira en el libro de la sabiduría “hoy mi río se convirtió en mar; por la mañana relucirá la palabra de Dios”, ver Láminas 17 y 18.

## Influencia duradera de estas experiencias en la región del Jura

La influencia de estas dos iglesias tuvo una repercusión neta sobre la región, bajo la responsabilidad de la diócesis de Besançon encabezada por el Canónico (chanoine) Edeur y después por Ferry.

Siguiendo la misma inspiración de formato que para Audincourt, Léger realiza los vitrales de la iglesia de Courfaivre.

Los artistas abstractos de la segunda mitad del siglo comprenden la carga emotiva y espiritual del vitral y van a privilegiar este medio para connotar las composiciones de sus verdaderas aspiraciones profundas. Las autoridades van a darse cuenta que el arte moderno también puede incorporarse a construcciones anteriores y empezamos a ver vitrales abstractos para remplazar vidrieras perdidas en iglesias y catedrales. Las iglesias antiguas acogen vidrieras modernas: Roger Bissière decorará en 1957 con su estilo enteramente abstracto las iglesias de Cornol, del siglo XVIII. De los dieciocho bocetos que realizó, la iglesia instaló diez vidrieras. Los otros ocho bocetos fueron comprados por la Iglesia de Develier y retocados por Bissière después de visitar la iglesia cuya historia se remonta al siglo XII y fue reestructurada en 1912.

Otro gran representante del arte informal en Francia que se va a dedicar intensamente al vitral es Alfred Menessier. El realiza los vitrales de la iglesia de Bresseux instalados entre 1948 y 1950. Los vitrales del baptisterio de la iglesia de Moutiers fueron comisionados específicamente para incorporarse a la arquitectura en forma de M de Herman Bar (1965).

## Chagall

La gran aceptación del innegable estilo de Chagall y la calidad de sus vidrieras para Assy lo llevan rápidamente a realizar grandes ciclos de vidrieras como las de las doce tribus de Israel para la sinagoga de la Policlínica de la Universidad hebraica de Hadassah, donde resuelve la imposible representación humana con un vocabulario fantástico-animal que lo hará célebre.

La incorporación de vitrales modernos en las iglesias se confirma desde los años sesenta cuando las catedrales de Metz y Reims recurren a Chagall para sus vidrieras.

Chagall aparece como el hombre que trasciende las religiones, decorando tanto sinagogas como catedrales, y evocando la paz en el vitral de la ONU (1964) en memoria de Hammarskjöld.

## Hacia la obra de arte total: Le Corbusier

Le Corbusier será llamado por el padre Couturier para realizar el santuario de un antiguo sitio de peregrinaje que se había incendiado. Después de una cierta resistencia por parte de Le Corbusier a abordar un edificio religioso, éste acepta: entre 1950 y 1955 nacerá *Notre-Dame-de-Ronchamp*, la escultura monumental de Le Corbusier.

La forma tan novedosa en la arquitectura racional de Le Corbusier indica un giro en su concepción. Las formas pueden haberle sido sugeridas por un caparazón de cangrejo que estudiaba en esos años. Los muros, blanquecidos a la cal, soportan un ala que se quiere inmaterial, y evoca una cofia de monja. La arquitectura juega con la luz y su realización, que evoca los claustros antiguos, dará frutos en sus grandes edificios de Chandigarh en India y calificará los espacios interiores del convento de la Tourette.

El muro de luz que decoró con vitrales parece una composición sinfónica, un juego escultórico, entre la masa de la pared y la sutileza de los reflejos colorados.

En contraste con esta obra total, la capilla de Vence de Matisse, donde Le Corbusier trabaja como arquitecto, en volumen, realizando una estructura materialmente anclada al suelo, Matisse trabaja la luz. Los últimos recuerdos que uno guarda de Ronchamp es su mole, la idea de gruta que quería dar Le Corbusier. En la capilla de Vence uno guarda la imagen del espacio puro, ver Lámina 19.

---

## La capilla de Vence–Matisse

Una de las grandes obras de arte totales de este siglo es sin duda la capilla de Vence realizada a principios de los años cincuenta por Matisse.

El más grande colorista del siglo, encuentra finalmente un proyecto en donde podrá, en un espacio limitado, sugerir la idea de la inmensidad.

Para llegar a calificar el espacio de la capilla y abrirla a la inmensidad, Matisse trabajó purificando el espacio, abstrayendo las formas hasta su más simple expresión para llegar a un espacio sólo calificado por la luz.

La importancia de la luz y del color habían sido decisivas en su obra. Sus viajes lo habían familiarizado con las variedades de luces e intensidades, como es patente en su descubrimiento de Marruecos.

En 1953, en la época en la que trabaja en los vitrales de la capilla, un periodista le preguntó cuál era la finalidad de la pintura moderna. Matisse respondió: “la luz”. La luz de la que habla no debe ser confundida con la luz material, ésta, como para los neoplatónicos, debe servir para revelar una luz quizá más intensa por ser interior. Así Matisse manifiesta: “Sólo después de mucho tiempo de haber gozado la luz del sol, he tratado de expresarme a través de la luz del espíritu”.

La luz ha estado a menudo presente en sus cuadros a través de la temática de la ventana. La ventana como lugar de transición del espacio interno al espacio externo y como frontera entre luces de cualidades diferentes.

Uno de los cuadros más radicales a este respecto es *Porte-Fenêtre à Collioure* (1914). En 1914 está a punto de abordar la abstracción con este cuadro. Aquí la representación se reduce a una serie de bandas verticales de color. Sin el título para ayudar la lectura, la identificación sería casi imposible. Ya a sabiendas del título se empieza a identificar esas bandas como los “batants des volets” de madera de las tradicionales casas

francesas. El negro más claro forma una especie de piso y se distingue del negro más profundo que encuadra la ventana. Observándolo a luz rasante se puede adivinar la existencia de un barandal antes de que fuera recubierto por lo negro.

Hay algo de inquietante en esa ventana. Las ventanas siempre habían aparecido en contextos tranquilos, lugares familiares como el taller del artista.

Aquí el negro que vino a cubrir toda la abertura del cuadro marca una interrogación. Es difícil situarnos. ¿Estamos al exterior, y la visión de un interior nos es rechazada, o al contrario estamos dentro sin poder ver el exterior? ¿Qué es lo que Matisse quiere ocultar, o no quiere ver? Muchas interpretaciones aluden a los horrores de la guerra, estallando el mismo año de la realización del cuadro. Podría también ser una manera de cualificar el horizonte del arte abstracto, del cual no participará. Otros al contrario ahondan en el aspecto metafísico del misterio y ven una dimensión de lo sagrado en esa luz fuerte a fuerza de ser negra. En esa ventana que nos priva de visión de lo exterior, ennegrecida, algunos ven el momento en que Matisse decide ocultar su preocupación por lo sagrado, momento a partir del cual esa preocupación se manifestará a través de los temas más ordinarios y que sólo reanudará con ella abiertamente en la capilla de Vence.

### Gestación de la capilla de Vence

La capilla de Vence nace de la amistad que surge entre Matisse y Mlle. Monique Bourgeois cuando ésta lo atiende como enfermera entre 1942 y 1943, después de una importante operación.

La amistad que los unió hizo de ella más que una enfermera: lo asistió coloreando con guache los papeles que Matisse cortaría para crear las composiciones del libro *Jazz* y también fue su modelo principalmente para *l'Idole* y *Tabac royal* (1943).

El camino religioso que había escogido Mlle. Bourgeois los alejó de 1944 a finales de 1946. En ese tiempo correspondieron y Matisse le escribe estas líneas el 12 de febrero de 1945 asimilando la experiencia artística a la religiosa: “Muchas veces tuve ganas de escribirle pero nunca supe cómo. Estoy tan alejado de su vida actual. Sé, sin embargo, que eso es sólo en apariencia, porque como usted, todas mis fuerzas están orientadas hacia el mismo horizonte espiritual y mi esfuerzo no difiere más que en apariencia del suyo. Usted sabe cómo trabajo . . . Nuestras rutas colindan en la misma región espiritual”.

Al haber pronunciado sus votos en septiembre de 1946 y optando por el nombre de Sor Jacques-Marie, ella regresa a Vence en donde vuelve a ver a Matisse. Fue entonces que ella le presentó un dibujo para una decoración de la capilla de las religiosas dominicas de Vence.

Matisse le sugiere transponerlo en vitral y le indica cómo hacer una maqueta con la técnica que ella había aprendido de él, la de los papeles recortados. Poco a poco, Matisse se entusiasmó por el proyecto personalmente y soñó en realizar él mismo los vitrales y rehacer

completamente la capilla para gran satisfacción de las religiosas que rezaban en algo similar a un garaje en ruinas.

Caso extraordinario entre todos en la historia de las vidrieras, por primera vez, el vitral precedió y dictó la arquitectura. Antes de concebir la capilla en su totalidad, se habían ya pensado los vitrales.

Confrontado los problemas de la arquitectura, Matisse recibió la visita del hermano Reyssiguier (diciembre de 1947) quien hará posible que este proyecto se convierta en una realidad. Las conversaciones que van a sostener a lo largo del proyecto, y que el joven novicio va a transcribir fielmente, nos permiten seguir día a día la evolución de la capilla.

Durante la primera entrevista con Reyssiguier, Matisse lo invita a hojear el libro *Jazz* que acaba de publicar en 1947.

Al respecto declara: “Son los colores de las vidrieras. Yo recorto esos papeles coloreados como se corta el vidrio. Sólo que aquí están dispuestos para reflejar la luz, mientras que en el vitral deben ser atravesados por ella”.

Matisse va hacer de la capilla el equivalente de un gran libro abierto. Se dice que la capilla desarrolla a gran escala las soluciones plásticas de *Jazz*. Por un lado los muros blancos de la capilla serán recubiertos por mosaicos blancos con dibujos negros. La caligrafía lírica de las páginas de *Jazz* se transponen en ese espacio blanco sin densidad ni límites en el que los reflejos de los vitrales colorearán los dibujos, fundiéndolos así en una composición espacial total, ver Figura 2.

Figura 2  
Vence, capilla exterior.



## La fusión de la arquitectura y los vitrales

Matisse, con la ayuda de Rayssiguier, va a concebir la totalidad del espacio de la capilla. Al término de sus días, Matisse expresaba descontento ante el exterior de la capilla y pensaba que había trabajado lo suficiente. Si la capilla no tiene los reales monumentales de Ronchamps, es que—ante todo—es un espacio de la interioridad.

Rayssiguier se inspira, para la concepción de la arquitectura, en la simplicidad de las capillas románicas de la Suiza germánica, con la adjunción de una nave en ángulo reservada para las religiosas del convento. Esa particularidad hace que el altar se presente de tres-cuartos a los fieles y a las monjas, ver Lámina 20.

El plano de la capilla sorprendió a Matisse quien lo acogió con felicidad por no haber nunca visto algo semejante. Esa estructura particular permitirá escapar a la simetría y favorecerá los juegos y relaciones que Matisse quería establecer entre los mosaicos pintados y los vitrales.

Los vitrales son el origen de la capilla y lo que más va a ocupar a Matisse. Rayssiguier, en el primer encuentro con Matisse, platicando para establecer el programa de la capilla y entusiasmado por la dimensión de la obra, propone que los vitrales sean tratados como “color y no por su tema”.

Rayssiguier seguramente tenía en mente aquellas frases del padre Couturier, defensor del arte abstracto en la iglesia, quien decía que todo arte inspirado, era inspirado por Dios, y que poco importaba la iconografía ya que todo arte digno de ese nombre tenía innegablemente una dimensión religiosa.

Sin embargo, al día siguiente Rayssiguier regresa y sugiere a Matisse un tema para su vitral, como si hubiese una necesidad de nombrar un tema para asegurarse de una carga sagrada. El tema, sacado del Apocalipsis, es la visión de San Juan de la Jerusalén Celeste.

Matisse, después de haber leído el extracto bíblico en cuestión, exclama: “Pero si el Apocalipsis es *Jazz*. Feliz retiene el momento en el que dice ‘Un ángel me enseñó el río de la vida, claro como el cristal, que brotaba del trono de Dios y del cordero’ (Juan 22.1)” y trabajará a partir de lo que esos versos evocan interiormente en él para la vidriera del altar.

Hubieron tres diseños principales y muchos bocetos para llegar a las armonías finalmente realizadas.

La primera maqueta ejecutada a mitad de tamaño fue esbozada de julio a octubre de 1948. La segunda maqueta, a escala real (conservada en el Centro Pompidou), fue hecha entre enero y febrero de 1949. La que finalmente se realizó está fechada en marzo de 1949.

La técnica que emplea para realizar sus bocetos es la de los papeles recortados, como lo muestran las maquetas a tamaño natural que conserva el Centro Pompidou.

En las primeras maquetas los colores son variados. Ya para la realización, Matisse va a optar por un conjunto de colores más restringido, y será de las relaciones entre ellos que Matisse espera los efectos de una multiplicidad de colores.

Muy pronto Matisse descubrió que las formas bizarras, que evocaban en *Jazz* el paraíso de Polinesia, eran perfectamente adecuadas para sus vidrieras. A mitad de camino entre lo vegetal y lo antropomórfico, esas formas son de una gran libertad plástica y, utilizadas tanto en el vitral del altar como en las vidrieras columnas de la nave, servirán para dar unidad a la capilla.

En los cartones de la segunda maqueta vemos que las formas bizarras de colores crean un ritmo constante por sus permutaciones. El vitral del altar también las incorpora sobre un “fondo” geométrico contrastado.

Estas maquetas fueron las que vio el padre Couturier en febrero de 1949. En ese encuentro Couturier, experimentado vidriero, indica a Matisse dónde irán los emplomados para sostener la vidriera. Matisse siente que su composición será destruida y decide comenzar de nuevo con el fin de encontrar un ritmo más apropiado cuya relación con la estructura portante funcione mejor.

La sugestión vegetal de esas formas bizarras permite encontrar una nueva temática para la vidriera del altar. Aquí la solución plástica dicta el tema que Matisse no tuvo problema identificándolo con el árbol de la vida, tema también obtenido del Apocalipsis.



La manera de trabajar de Matisse se defiende con una frase de Picasso que refleja su *modus operandi*: “yo no busco, encuentro”, ver Lámina 21.

Las formas bizarras van a entrelazarse con formas que evocan cactus del Mediterráneo, cactus orgánicamente entrelazados que recorren todo el vitral del altar y que, simplificados para los de la nave, dan un ritmo geométrico.

El vitral identificado como árbol de vida ocupa el lugar central de la capilla, detrás del altar y se asimila al árbol de la cruz, ver Lámina 22.

Esa casualidad o necesidad, en la que las soluciones plásticas imponen el tema, se ve también reflejada en el vitral para la puerta de entrada de la capilla. Primero piensa en ejecutar solamente una serie de rombos, la mayoría en vidrio blanco y algunos de colores. Pero el motivo sugiere una red y pregunta Matisse a Rayssagier: “¿Puedo simbolizar a Cristo como un pez frente a una red?; ¿Puede la red representar las pruebas que tuvo que afrontar Jesucristo?”. El motivo dictó la iconografía.

El 15 de marzo de 1949 Matisse escribe al padre Couturier, después de algunas dificultades para incorporar la estructura de la vidriera a la composición general de la misma, “los vitrales están listos, puede pasar”.

La ejecución de los vitrales encuentra ciertos obstáculos. La simplicidad que perseguía Matisse en la última etapa reduce los colores para el vitral a sólo tres, con la exigencia de que sean muy puros: azul ultramar, verde botella y amarillo limón.

Matisse quiere colores muy definidos y afirmados, casi corrientes. Varias veces—cuenta el padre Couturier—rechazó vidrios que sentía como demasiado bellos, muy aterciopelados y Matisse exclamó: “El refinamiento seré yo el que lo ponga al hacer jugar las relaciones de colores”.

El azul ultramar y el verde botella deben ser completamente transparentes y de un color uniforme y sostenido. Sin mayores problemas éstos se consiguen rápidamente y Matisse los aprueba. El amarillo limón crea el mayor problema. Matisse quiere un tono muy particular; requiere además que no sea transparente sino translúcido. Cuenta con el amarillo para marcar el espacio interno de la capilla, el de la interioridad y asocia el color a un oro cuya referencia puede ser el espacio de oro bizantino. El azul y el verde abren el espacio de la capilla en un espacio infinito y se funden en el paisaje vecino. El amarillo, por sus especificaciones, requiere de una fabricación especial y de un esmero particular.

La simplicidad del color es una constante del arte moderno; los colores francos afectan directamente la sensibilidad; hablan directamente al espíritu. Así lo entiende Matisse: “Los colores simples ejercen una acción sobre el sentimiento íntimo, mayor es la fuerza si el color es más simple. Un azul, por ejemplo, con la irradiación de sus complementarios, afecta los sentimientos como un gong energético”.

El rojo queda proscrito de la capilla pero aparece para Matisse “por contraste con los colores que están ahí presentes. Existe en la reacción del espíritu que los observa”. El color ya no debe componerse como para los impresionistas en la retina del espectador, pero en el

espíritu. Como decía Matisse, su trayectoria lo hizo elevarse de la luz del sol a la del espíritu.

Consagración de la capilla el 25 de junio por Monseñor Rémond. Matisse no puede asistir por estar indispuesto y envía la carta siguiente: “Le presento con toda humildad la Capilla del Rosario de las dominicas de Vence. . . . Esta obra me tomó cuatro años de un trabajo exclusivo y asiduo, y es el resultado de toda una vida de actividad. La considero, a pesar de todas sus imperfecciones como mi obra maestra”.

Matisse hace su obra maestra, su obra total en Vence. Busca una unidad total en ese espacio: diseña desde el Cristo del altar hasta la puerta del confesionario, pasando por todos los elementos de la capilla, con el mismo entusiasmo. La liturgia, momento privilegiado de la religión del libro, se llevará a cabo en ese libro abierto, en ese *Jazz* religioso, en el que el cura al oficiar se vuelve un motivo más dentro de una composición artística.

Esta obra es una de las pocas realizaciones, de las que la modernidad proyectó tantas, en las que la transcendencia queda manifiesta. Más allá de las dicotomías entre arte sacro y arte profano, la Capilla de Vence comprueba que el gran arte siempre eleva el hombre a una espiritualidad más profunda. Quizá, como dijo Léger al visitar la capilla: “Matisse inventó una nueva religión, la de la felicidad”.

---

## Marcel Duchamp

Marcel Duchamp es uno de los artistas más profundos del siglo xx y su herencia se ve hoy en toda la actividad artística.

Duchamp crea una obra que no se inscribe en el recorrido de búsqueda de espiritualidad a través del vitral, pero lo cuestiona. Postula ser una realización total, quizá la más utópica de la modernidad y, sin duda, sobre la cual más se ha escrito. Esta, sin embargo, aniquila todas las artes y todas sus interpretaciones.

Es la obra de Marcel Duchamp, *El gran vidrio*. Esta, también conocida como *La mariée mise à nu par ses célibataires, même*. Título intraducible, cuya lógica juega circularmente como el vidrio en sí.

Duchamp, quien rompió con todas las tradiciones de la pintura, realiza esta obra como vidriero poco ortodoxo: utiliza el vidrio para atrapar el emplomado que le sirve para sugerir el dibujo, lo representado.

La obra se quiere enigmática, cabalística. Su programa está descrito en los apuntes de *la caja verde*. Duchamp multiplica los bocetos y las explicaciones de ese sistema que es una máquina deseante.

“Quizá lo que más fascina sea la vida misma del Gran Vidrio”. Duchamp quería hacer de él su obra maestra, la que lo englobara todo. Duchamp trabaja desde 1913 ó 1914 hasta 1923 cuando decide dejarla definitivamente inacabada y Duchamp deja el arte, se retira a jugar al ajedrez. Una manera de aceptar la imposibilidad de la obra total.

Duchamp presta *El gran vidrio* para una exposición y al llegar descubre que el vidrio está roto. No trató de repararlo sino que aceptó la vida propia de su obra y atrapó el accidente entre dos nuevas placas de vidrio. La estrategia artística de Duchamp queda clara con ese gesto: el

artista hace obra al atrapar un instante, al señalar un momento o accidente.

Siguiendo esta idea, le pide a su amigo Man Ray que fotografíe el polvo acumulado sobre *El gran vidrio* en su taller. El artista tiene el poder de nombrar y así, de un accidente, nace “cultivo de polvo”, ver Lámina 23.

Concluyo—con esta interrogación sobre la transparencia y sobre el polvo que todo lo cubre—el que somos y en el que nos convertiremos.

## Resúmenes de los artículos que aparecen en este volumen

*Nieves Valentín, Fernando Cortés  
y Andrés Sánchez*

### **La conservación de vidrieras históricas. Estudios preliminares sobre la aplicación de sistemas gelificados**

Las vidrieras históricas forman parte de uno de los legados más frágiles y susceptibles de deterioro dentro del marco del patrimonio cultural.

Puede considerarse que la conservación de los vitrales españoles desde los siglos XIII al XIX se circunscribe básicamente a una labor de reparación de las grietas y a la reposición de vidrios desaparecidos. Ya en el siglo XIX se abordan los primeros tratamientos de restauración propiamente dichos. Sin embargo se observa que el problema más grave que han sufrido los vitrales es, en conjunto, la falta de mantenimiento, el cual se acusa incluso en aquellas vidrieras que ya fueron restauradas.

La aplicación de métodos analíticos para investigar el origen de las alteraciones de los vitrales nos está aportando nuevas interpretaciones para su conservación. Así, se ha resaltado el progresivo deterioro que viene afectando especialmente a las vidrieras medievales debido a su composición. El efecto de la humedad y la polución atmosférica en la corrosión son actualmente algunos de los temas más estudiados. No obstante, otros aspectos tales como las alteraciones de origen biológico han sido escasamente explorados. Con el fin de estudiar los mecanismos de biodeterioro y evaluar la eficacia de los tratamientos de conservación, se han incorporado tecnologías dirigidas al diagnóstico de los agentes biodegradantes y de los metabolismos capaces de producir alteraciones químicas del soporte en ocasiones interpretadas como deterioros de origen abiótico.

El desarrollo de la biología aplicada a la conservación está permitiendo un mayor conocimiento de estos mecanismos de degradación y supone un avance en el diseño de modelos de trabajo dirigidos a la preservación de las vidrieras desde un punto de vista más integral.

Miguel Ángel Corzo

## Las vidrieras. Problemas y significado. Deterioro de las vidrieras de la Catedral de León

Con el paso de los siglos, las vidrieras han fascinado a innumerables generaciones de creyentes y a todos aquellos que disfrutaban de las características únicas de estas formas de arte, abundantes en información histórica.

Hoy en día las vidrieras se ven más amenazadas que nunca. Al mismo tiempo se exploran nuevas soluciones para su protección a un nivel siempre creciente. Desde los daños estructurales originados por los asentamientos de los edificios, pasando por los cambios en la polución, el clima, la climatología e incluso los pájaros, se estudian todos los factores que ponen en peligro esta parte importante del patrimonio cultural mundial a fin de encontrar nuevos medios de preservación.

Las vidrieras de la Catedral de León son un ejemplo particular de los problemas que afectan a las vidrieras. La metodología y el análisis de los problemas será utilizados como ejemplo para futuras referencias.

Alfonso Muñoz Cosme

## Arquitectura y vidrieras: evolución del siglo XII al XIX

Entre arquitectura y vidriera ha existido una relación compleja a lo largo de la historia. La vidriera asume un papel protagonista en la arquitectura medieval, pero su presencia es importante hasta el siglo XIX. Tradicionalmente ha sido estudiada en su técnica o en su iconografía, pero el arte de la vidriería tiene otros muchos aspectos en los que es necesario profundizar.

Una visión de la vidriera como parte de la arquitectura, de la que depende pero a la que transforma, nos arroja luz sobre sus aspectos funcionales (aislamiento, comunicación), espaciales (la vidriera como elemento de definición de la luz, y por ello del espacio), y constructivos (el sistema estructural condiciona y determina la disposición y geometría de la vidriera).

Centrándonos en esta interrelación profunda entre arquitectura y vidriera vamos a describir un largo camino para contemplar cómo es utilizada la vidriera en diversos momentos históricos, estudiando esta relación en dos aspectos: cómo la vidriera es usada para definir y completar las arquitecturas coetáneas, pero también cómo es una herramienta que sirve para transformar las arquitecturas preexistentes. En nuestro itinerario nos acompaña un rayo de luz que se extiende desde el siglo XII al XIX, posándose sobre diversas arquitecturas para en sus variaciones lumínicas mostrarnos diversos métodos de interpretación de lo construido.

Para describir este itinerario nada mejor que utilizar la propia Catedral de León. Por azares de la historia el templo leonés se ha convertido en un museo de la vidriería española, donde podemos admirar obras desde el siglo XII hasta el XIX. Por ello la última parte de esta conferencia se centra en el caso de la Catedral de León, para realizar una

interpretación de sus vidrieras en función de las transformaciones sufridas por sus restauraciones a lo largo de la historia.

*Félix Benito Martín*

### **Aspectos históricos de la Catedral de León. La influencia de las catedrales europeas**

La evolución del concepto de edificio y de espacio que se plantea en la catedral gótica, desde sus inicios como transformación o evolución de los modelos románicos hasta sus ejemplos más desarrollados constituye uno de los aspectos más fascinantes de la historia de la arquitectura. Es el hallazgo y consecución de una de las formas más complejas y perfectas de la arquitectura occidental tanto por su resultado formal o espacial como por la riqueza estructural.

La vidriera forma parte directa de esta evolución como parte del sugestivo juego de macizos y vanos, que se encuentra en el corazón de esta dinámica. El argumento del tamaño de los ventanales superiores con el consiguiente enriquecimiento lumínico y cromático del interior, incluso la apertura exterior del espacio del triforio como eslabón último de esta evolución son aspectos que demuestran la enorme importancia de la vidriera dentro del concepto arquitectónico de la catedral medieval. La de León manifiesta en su arquitectura toda la riqueza de contenidos y matices de este proceso, de tal modo que es uno de los mejores ejemplos de conocimiento no sólo formal o estilístico, sino también funcional, de la vidriera dentro del conjunto del edificio gótico.

*Ignacio Represa Bermejo*

### **La estética de las vidrieras y de su degradación**

La misión de las vidrieras, en la definición cualificada de las arquitecturas, ha supuesto uno de los mecanismos de generación de espacios más complejo y evolucionado de lo que ha venido siendo estudiado hasta la fecha.

Desde la simple tamización de la luz exterior, hasta la máxima expresión posible; creando la propia luz manipulada en el espacio, se puede reconocer en su visión a contraluz (solar o artificial) el espacio "interior", creado como resultado de la evolución histórica del concepto y de la materialidad de los vitrales. Las vidrieras evolucionan paralelamente a las formas y espacialidades arquitectónicas, hasta lograr espacios propios, contruidos por los vidrios y sus coloraciones, utilizados éstos como principales "soportes" de las arquitecturas.

Su misión en este aspecto resulta reconocible. Del análisis de su evolución histórica podemos extraer un hilo conductor de las transformaciones espaciales, de análoga manera a como establecemos el discurso de la evolución de las formas arquitectónicas.

Sin embargo las vidrieras permiten otra visión, a favor de la luz, en la que su misión arquitectónica no resulta tan inmediata. Su posible misión, desde una visión "exterior", y su capacidad de definición arquitectónica, resultan materia de reflexión y trabajo obviada en casi

todas las experiencias realizadas con motivo de la adopción de medidas de protección o restauración.

A las posibles lecturas arquitectónicas de esta última situación, debemos sumar los procesos de alteración y degradación de los vidrios, con sus consecuencias “plásticas” y “arquitectónicas” como datos ineludibles de cualquier intervención, que pretendamos restauradora.

*Aurora Ruiz Mateos*

### **La estructura arquitectónica como medio para la simbología de la luz (1140–1240)**

La vidriera como parte integrante del armazón pétreo de la catedral gótica crea un espacio arquitectónico-místico definido por la estética y la metafísica de la luz. La luz, no natural, que pasa a través de la vidriera adquiere, en el interior de la catedral, un valor simbólico de carácter espiritual en función de los textos del Antiguo y Nuevo Testamento de Dios-Luz y de la teoría filosófica de Dionisio Areopagita. La catedral es un reflejo de la Armonía Eterna que mediante el método anagógico nos conduce hacia la Jerusalén Celeste. Conceptos que nos transmite el abad Suger de Saint Denis en sus escritos sobre la reforma de su abadía.

*Antonio Ros Felip*

### **Ilustración gráfica del comportamiento mecánico de elementos arquitectónicos y catedrales góticas mediante la aplicación de técnicas fotoelásticas**

La apertura de grandes ventanales para albergar las vidrieras dio lugar a problemas constructivos insólitos para la época que fueron resueltos sobre la marcha por los maestros constructores. La técnica de la fotoelasticidad permite ilustrar las soluciones que éstos introdujeron sin necesidad de recurrir a arduos conceptos de matemáticas y resistencia de materiales. Con esta técnica puede estudiarse la estructura de una catedral haciendo un modelo a escala reducida en material transparente. El modelo se somete a cargas que simulan el peso propio o la fuerza del viento reales y ello provoca unas fuerzas internas en el material transparente que, examinadas en un campo de luz polarizada, producen espectros de franjas de colores. Estos espectros son auténticas radiografías del comportamiento de la estructura, y su interpretación es rápida, intuitiva y asequible al público no especializado. Este trabajo incluye la presentación y examen de algunos de estos modelos.

*José María Fernández Navarro*

### **Constitución química de las vidrieras y métodos para su análisis y para el estudio de sus alteraciones**

La composición química de los vidrios que constituyen las vidrieras tiene una importancia fundamental, no sólo por la información histórica que puede aportar, sino también porque ayuda a diagnosticar las alteraciones sufridas por el vidrio, permite interpretar el tipo de ataque producido y,

sobre todo, porque condiciona los tratamientos de limpieza y restauración que vayan a ser empleados.

En este trabajo se comentan las variaciones de composición observadas en vidrios de distintas épocas y lugares, se analiza el papel que desempeñan los diferentes componentes que intervienen y se explica cómo influyen algunos de ellos sobre la estabilidad química del vidrio. Seguidamente se discuten los mecanismos de ataque químico y los procesos de formación de los depósitos acumulados sobre la superficie de los vidrios.

En la segunda parte del trabajo se describen y comparan críticamente los métodos analíticos y las técnicas instrumentales más comúnmente utilizados para determinar la composición química de los vidrios, para identificar los productos de ataque formados y para caracterizar las alteraciones superficiales producidas. En general se recurre al empleo de métodos no destructivos y de gran sensibilidad que se adapten específicamente a la resolución de cada problema concreto. Los análisis químicos de los vidrios suelen llevarse a cabo por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Cuando se requiere conocer pequeñas variaciones locales de composición, los análisis pueden realizarse por microsonda electrónica o por dispersión de energías, en combinación con un microscopio electrónico de barrido. En cambio, para la identificación de los productos de ataque depositados sobre la superficie, debido a su naturaleza generalmente cristalina, proporciona mejor información la difracción de rayos X. En el estudio de fenómenos de corrosión y el establecimiento de perfiles de difusión es aconsejable emplear la espectrometría de masas de iones secundarios.

*Robert H. Brill*

### **Composición química de algunos vidrios de la Catedral de León**

Las vidrieras de la Catedral de León, al igual que las de otras muchas iglesias en Europa, han sufrido un serio deterioro tras siglos de exposición a los contaminantes ambientales. Hemos realizado, junto al equipo de conservación de la catedral, análisis químicos cuantitativos con muestras de vidrios procedentes de los ventanales.

El estudio tenía dos objetivos primordiales. En primer lugar, cuando se están desarrollando tratamientos de conservación, es siempre de gran ayuda el conocer la composición química de los vidrios a tratar. En segundo lugar, es interesante un mayor conocimiento de la composición de los vidrios pintados españoles dado que son muy pocos, o ninguno, los análisis de este tipo presentados hasta la fecha.

Los vidrios, presumiblemente de los siglos XIII al XV, se pueden dividir en dos tipos claramente distintos según su composición. Uno se caracteriza por unos contenidos de potasa y de calcio muy elevados. El otro por unos contenidos de potasa elevados y unos contenidos de calcio moderados-altos. Se han realizado comparaciones con unos 300 vidrios europeos contemporáneos.



Este estudio se extiende sobre hallazgos preliminares ya publicados con anterioridad.

*Johanna Leissner*

### **El efecto de la corrosión sobre las vidrieras**

Las vidrieras forman parte importante del legado cultural de Europa. En las últimas décadas han sufrido un grave deterioro. Las maravillosas vidrieras y sus vidrios pintados son obras de arte seriamente amenazadas por las influencias corrosivas del medio ambiente. Este proceso de corrosión es una reacción muy compleja influida no sólo por la temperatura y los cambios de humedad sino también por los contaminantes gaseosos como el dióxido de sulfuro, los óxidos de nitrógeno o el ozono, el polvo y el aire, los microorganismos y las interacciones sinérgicas.

Debido a su composición química, los vidrios medievales se ven gravemente afectados por estos ataques ambientales. Estos tienen un bajo contenido en sílice y alto contenido de iones modificadores (ej. potasio y calcio). Los fenómenos de la corrosión pueden variar desde picaduras generalizadas sobre la superficie hasta la formación de gruesas capas de corrosión que tornan el panel opaco, reduciendo así la transparencia de los ventanales de forma considerable.

Para poder establecer un programa de conservación y restauración es necesario conocer las condiciones medio ambientales a las cuales están expuestas las vidrieras. Con este fin se desarrollaron vidrios modelo muy sensibles a la corrosión (llamados vidrios sensores) los cuales tienen una composición química similar a la de los vidrios pintados históricos. Estos sensores muestran las mismas reacciones ante la corrosión pero de una forma mucho más acelerada, por lo cual hoy en día se utilizan ampliamente para la valoración de los ataques de la corrosión sobre las vidrieras a fin de obtener una información básica sobre los impactos de la corrosión sobre los vidrios históricos.

*Manfred Schreiner*

### **El deterioro de los vidrios pintados medievales. Caracterización analítica del proceso de corrosión y sus consecuencias para los tratamientos de prevención**

Mediante los métodos de microscopía electrónica de barrido (SEM), espectrometría de masas de iones secundarios (SIMS) y análisis de reacciones nucleares (NRA) se han realizado investigaciones analíticas con pinturas austriacas de los períodos románico y gótico. Al igual que en objetos encontrados en Gran Bretaña, Francia y otros países europeos al norte de los Alpes, se detectaron unos bajos contenidos (menos que el 60% de SiO<sub>2</sub> del peso total) de sílice y altos contenidos de óxidos de potasio y calcio. Se observaron tres tipos distintos de deterioro dependiendo de la composición química y en especial del contenido de sílice del vidrio: picaduras, costras y vidrio en apariencia inalterado. Al igual que los vidrios con un alto contenido de sílice, los vidrios de color verde oscuro conteniendo óxidos de plomo y de fósforo muestran asimismo, y a pesar

de su bajo contenido en sílice, una superficie exterior uniforme y apenas deteriorada.

De todo esto se deduce un mecanismo de deterioro guiado por un proceso de intercambio de iones, el cual conduce a un fenómeno de deterioro del vidrio medieval expuesto a la intemperie durante siglos. Por otro lado, se realizaron experimentos de lixiviación con vidrios modelo con una composición química similar a la de los objetos de vidrio medievales. Se vio que la concentración y composición química del medio de corrosión tenía una gran influencia sobre el proceso de lixiviación. La influencia de la superficie del vidrio sobre el proceso de corrosión pudo ser estudiada mediante mediciones sobre el terreno, tanto en líquidos como en aire, a través de microscopía de fuerza atómica (AFM).

En esta ponencia se discutirán las conclusiones extraídas de las investigaciones con vistas a tratamientos preventivos para las pinturas medievales sobre vidrio.

*Dieter Goldkuhle*

### **Selección de fenómenos de corrosión en las muestras de la Catedral de León**

En julio de 1986, fui a León en calidad de asesor para el Instituto Getty de Conservación (GCI), para comenzar los primeros pasos de un estudio científico sobre las vidrieras de la catedral. Tras examinar las vidrieras del claristorio desde el exterior, seleccioné veintitrés muestras de vidrios a fin de poder demostrar la variedad de los fenómenos de corrosión hallados. Una vez tomadas las muestras, éstas fueron llevadas al GCI, siendo posteriormente analizadas por el Dr. Robert H. Brill del Museo de Vidrios Corning.

Durante los exámenes preliminares de las vidrieras formé mis propias ideas sobre la datación de las mismas y el tipo de vidrio utilizado en su fabricación. Estructuré un esquema en el que se agrupaban las vidrieras según las similitudes entre los vidrios y su estado y se indicaba también la localización de las muestras tomadas. Mi ponencia desarrolla todo el proceso seguido y las observaciones realizadas durante la selección de las muestras.

*Joost Caen*

### **La conservación de vidrieras: recientes avances en Flandes (Bélgica) desde el establecimiento del Departamento de Conservación en la Real Academia de Bellas Artes en 1988**

A pesar de la gran riqueza de nuestro país en monumentos y arte, no existía en Flandes, hasta hace seis años, una formación específica a nivel universitario en el campo de la conservación. Existía una gran necesidad de un planteamiento más científico en los tratamientos, especialmente en la conservación de artes aplicadas.

El ciclo de estudios sobre conservación de vidrieras comenzó con una visión totalmente nueva. Teniendo en cuenta nuestra gran tradición en la conservación de pinturas, se afrontó la conservación de vidrieras

desde este mismo riguroso enfoque deontológico. Hoy en día las vidrieras ya no son consideradas como metros cuadrados de superficies de vidrio sino como pinturas sobre un medio específico. Este nuevo punto de vista nos conduce a más conservación y menos restauración.

Se hace hincapié en el examen preliminar, diálogo y coordinación con los historiadores del arte, científicos, arquitectos, etc. Antes de intervenir sobre los paneles hay que ser consciente de las implicaciones que acarrea el acto de la conservación. Se debe tratar con el mismo respeto tanto el vidrio como las capas pictóricas, el plomo y los armazones, dada su autenticidad y valor documental.

Es necesario un conocimiento de las técnicas tradicionales así como de los más recientes avances en la conservación de vidrieras, a fin de tomar las decisiones adecuadas en el método de conservación. La conservación preventiva, como el acristalamiento protector exterior, se hace día a día más importante.

Durante todo el ciclo de estudios sobre vidrieras los estudiantes trabajan con monumentos y obras procedentes de las colecciones de los museos. La enseñanza es tanto práctica como teórica, a nivel universitario, y se intenta inculcar a los estudiantes una actitud crítica y abierta de cara a su posterior futuro profesional.

*Hannelore Römich y Dieter R. Fuchs*

### **Nuevos materiales para la conservación de vidrieras**

La protección de la superficie del vidrio contra el deterioro progresivo y la consolidación de las capas de pintura dañadas son dos de las cuestiones más importantes dentro de la investigación en el campo de la conservación de vidrieras históricas. Los polímeros orgánicos, desarrollados con otros fines en la industria química, fueron aplicados en el pasado sobre vidrios históricos, llegando en algunos casos a originar nuevos problemas debido a sus inadecuadas propiedades de envejecimiento.

Así pues, se han desarrollado dos materiales, complementarios entre sí, para su aplicación específica sobre vidrios pintados. Los geles inorgánicos, preparados mediante técnicas de "sol-gel", suponen un método nuevo y prometedor para la consolidación de capas de pintura dañadas. Las capas de protección suplementarias para los vidrios sensibles a la corrosión están basadas en un heteropolisiloxano (ORMOCER) combinado con espesantes inorgánicos.

Este nuevo y amplio enfoque en el campo de la conservación permite la combinación de estos dos productos. Por un lado, se obtiene una consolidación local e irreversible de los contornos pictóricos afectados, por otro, la protección reversible de toda la superficie del vidrio mediante la aplicación global de la capa protectora ORMOCER.

Una vez concluida la fase de pruebas en el laboratorio pueden ya ofrecerse los primeros resultados de los estudios piloto en distintas vidrieras. No obstante, será necesario esperar futuros resultados sobre los experimentos a largo plazo antes de que pueda ser recomendado el uso generalizado de estos productos.

Esta ponencia supone una introducción a los aspectos principales de su desarrollo práctico y ofrece una visión de conjunto sobre las ventajas e inconvenientes del uso de las capas de protección en la conservación de vidrieras.

*Frank D. Preusser*

### **Desarrollo de un plan exhaustivo para la preservación in situ de vidrieras históricas. Aspectos científicos y técnicos**

Al proyectar la conservación de vidrieras medievales *in situ* se ha de tener en cuenta que las vidrieras forman parte física de una estructura. Cualquier tipo de medidas de conservación llevadas a cabo en las vidrieras o en su estructura han de ser coordinadas, dado que estos dos elementos se influyen mutuamente. Asimismo, se olvida con facilidad que las vidrieras son estructuras compuestas por paneles vidriados, emplomados y pinturas que tienen una conexión con el edificio. Por otro lado, todo proyecto de preservación ha de tener en cuenta que las vidrieras no sólo se ven amenazadas por la ya conocida meteorización y la contaminación sino también por acontecimientos más catastróficos como el granizo o el vandalismo. Así pues, la preservación de las vidrieras plantea no sólo la cuestión de los adecuados tratamientos en superficie sino que también requiere una planificación cuidadosa de las distintas intervenciones coordinadas.

*Julián Zugazagoitia*

### **La luz interior: el vitral en el arte moderno**

La vidriera nace en el mundo medieval cargándose de connotaciones religiosas. La vidriera funciona hacia el interior del edificio religioso, transfigurando la luz exterior en luz sagrada.

Con Alberti la definición de la pintura rompe con el ideal sacro de la vidriera. El cuadro se vuelve una ventana abierta sobre el mundo. La perspectiva se invierte: el espacio de representación renacentista explora la luz exterior.

El problema intrínseco del arte podría ser el de la mayor o menor opacidad de esa ventana; el de la transparencia de la pintura; el de la refracción de la luz.

En el medioevo, la vidriera transmutaba la luz en Epifanía. Con el renacimiento la vidriera desaparece, sólo queda el marco, el marco de la ventana, el marco de referencia.

La realidad se manifiesta en el arte con mayor o menor claridad según la opacidad de la pintura. Una historia del arte podría ser establecida a partir de ese criterio de transparencia.

El arte moderno es interrogación y cuestiona lo translúcido, la esencia de esa transparente ventana renacentista.

La ruina del ideal positivista, el fin del siglo de las luces, trae consigo nuevas preocupaciones. La modernidad aspira más que nunca a redescubrir un espacio sagrado, espiritual y reanuda con una opacidad de

la realidad y de manera concomitante con la reaparición de la vidriera en el arte moderno.

El arte moderno deja de ser ventana sobre el mundo exterior para abrirse sobre un mundo más opaco pero más esencial y revelador, el de la interioridad.

El arte moderno se abre sobre el mundo de la luz interior.

## Autores

**Robert Howard Brill** se licencia en Física y Química en el Upsala College, East Orange, Nueva Jersey, EE.UU. en 1951. Su tesis doctoral por la Universidad de Rutgers en 1954 se titula “La sensibilización óptica de la descomposición fototermográfica del oxalato de mercurio”. Su especialización profesional es la química aplicada a la arqueología. Estudia los vidrios antiguos y otros minerales y tecnologías artísticas y arqueológicas, así como la conservación de los objetos de vidrio. Actualmente es uno de los científicos investigadores en el Corning Museum of Glass, del cual fuera Director de 1972 a 1975. Sus publicaciones incluyen unos 150 artículos en revistas académicas y en simposios, la mayoría relacionados con el vidrio antiguo, investigación sobre isótopos de plomo, antiguas tecnologías y conservación. Ha dirigido expediciones y filmaciones para la realización de videos relacionados con los métodos de fabricación del vidrio. Es presidente y miembro fundador de la Sociedad Blair, 1992.

**Joost Caen** realiza estudios sobre Arte Monumental y Conservación en la Real Academia de Bellas Artes de Amberes; estudios en diversos talleres en Bélgica así como en el extranjero durante los años 1978 a 1983. Es Profesor de Conservación de Vidrio en la Real Academia de Bellas Artes de Amberes desde 1988. Miembro de la Real Comisión de Monumentos desde 1993. Desde 1994 es Presidente del Centro de Información y Documentación del Vidrio (GIC) en Amberes/Amsterdam. También es miembro de ICOM, ICOMOS, IIC. Entre sus diversos proyectos de conservación se incluyen el estudio y la conservación de la vidriera “Del Río” en la Catedral de Amberes; así como el estudio y conservación de una vidriera del siglo XIX de Pluys en la Capilla del Hospital de Santa Isabel en Amberes, y de una vidriera del XVII de Jan de Caumont procedente de la Abadía del Parque en Lovaina.

**Fernando Cortés** obtiene su licenciatura en Geografía e Historia en 1989, especializándose en Historia del Arte en la Universidad Complutense de Madrid en España. Entre los años 1984–1987 realiza estudios de Restauración y Conservación del vidrio en la Academia de Bellas Artes de Amberes en Bélgica. En los años 1993–1994 es el Secretario del Seminario Internacional “Conservación de vidrieras históricas. Análisis de su deterioro. Restauración” en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) en Santander, España. En 1996 es Secretario del curso “Restauración y conservación de vidrio hueco. Principios básicos”, impartido por el Profesor Joost Caen en la Real Fábrica de Cristales de la Granja en Segovia, España. Es autor de diversas traducciones de libros y artículos, entre ellos se pueden incluir las ponencias del Seminario Internacional “Conservación de vidrieras históricas. Análisis de su deterioro. Restauración” en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) durante el mes de julio de 1994.

**Miguel Angel Corzo** es oriundo de la Ciudad de México y obtuvo su licenciatura en Ciencias por la Universidad de UCLA. Su doctorado se realizó en la Universidad de Munich y fue becario Fullbright en Harvard. Es Director del Instituto Getty de Conservación desde 1991 tras sus cargos de Presidente y Director Gerente de la Fundación Amigos del Arte en México, donde organizó “Mexico: Splendor of Thirty Centuries”, una de las tres exposiciones de más éxito de los museos en los EE.UU. Trabajó como asesor de los Museos de las Civilizaciones del Africa Negra en Senegal, Le Grand Louvre en Paris y los Museos de la Civilización egipcia en El Cairo. Entre sus publicaciones destaca el “Codex of Human Settlements” ganador de la medalla de oro en la Feria del Libro de Leipzig. Trabajó asimismo como redactor-jefe y editor de obras tales como “El Templo Mayor” y “Los Mayas: El Tiempo Capturado”.

**José María Fernández Navarro** es Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense y Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Durante los años 1964–1965 realizó una estancia posdoctoral en el Max-Planck-Institut für Silikatforschung de Würzburg, especializándose en el estudio del vidrio. Desde entonces ha desarrollado toda su actividad profesional en el Instituto de Cerámica y Vidrio del C.S.I.C. como Jefe del Departamento de Vidrios. A lo largo de su carrera profesional ha dirigido ocho tesis doctorales, es autor de más de un centenar de publicaciones científicas sobre el vidrio y del libro *El Vidrio. Constitución, fabricación y propiedades*, editado por el C.S.I.C. Desde hace veinte años imparte la asignatura monográfica sobre “Fisicoquímica del vidrio y de su fabricación”, primero en la Universidad Complutense y después en la Universidad Autónoma de Madrid y en la Universidad de Santiago de Compostela. Fue Presidente del XVI Congreso Internacional del Vidrio.

**Dieter R. Fuchs** nace en el año 1952 en Zweibrücken en Alemania. Obtiene su licenciatura de Mineralogía y su doctorado en las Universidades Clausthal y Saarbrücken. Su foco de investigación se centra en la geoquímica, química analítica y ciencia material e investigación sobre el vidrio. Ha publicado más de 40 artículos en revistas profesionales. Su carrera profesional empieza en 1980 como Asistente Científico en la Universidad de Saarbrücken. Entre los años 1982–1985 es el Jefe del Laboratorio Nacional Analítico en Yemen Oil and Mineral Resources Corporation en Sanaa, Yemen, una Delegación a través del Ministerio Federal para la Cooperación Económica, Bonn. Desde el año 1986 trabaja en el Fraunhofer Institut für Silikatforschung en Würzburg. Del año 1995 al 1996 fue Director en Würzburg y Director en la Sucursal de Investigación de Bronnbach. En 1992 obtiene el Premio de Investigación Fraunhofer, en Investigación Ambiental; y en 1993 obtiene el Premio de Investigación Otto Schott, en Investigación Material.

**Dieter Goldkuhle** nace en 1938 en Wiedenbrück, Alemania, dentro de una familia dedicada al comercio del vidrio. Entre los años 1953–1955 obtuvo su Diploma de Vidriero en la Escuela de Formación Profesional en Rheinbach. En los años siguientes realiza varios viajes de estudio de vidrieras por Europa y por los Estados Unidos. Desde 1962 vive en los Estados Unidos y desde 1966 es constructor y restaurador de vidrieras independiente. Algunas de sus afiliaciones profesionales incluyen el Corpus Vitreatum Medii Aevi (CVMA), y es desde 1972 miembro del Comité Técnico Americano. Entre sus proyectos recientes de conservación podemos nombrar la Capilla de la Universidad Duke, en la que trabajó en la conservación de las lancetas “Naomi” y “Ruth” y vidriera del claristorio “Adán”, (1932), diseñadas por Owen Bonawit. Asimismo trabaja en la Embajada de la India durante los años 1987–1988 en la conservación de seis vidrieras de comienzos del siglo XX, del período modernista.

**Johanna Leissner** realiza sus estudios de química en la Universidad de Würzburg, Alemania (1976–1979); en el Georgia Institute of Technology, en Atlanta, EE.UU. (1979–1980); en la Universidad de Würzburg (1980–1988); termina su Doctorado en 1988 en “Química organometálica—la química de coordinación del monóxido de sulfuro”. Desde 1988 trabaja en el Fraunhofer-Institut für Silikatforschung de Würzburg, donde realiza investigaciones sobre vidrios de fosfato y flúor entre los años 1988 y 1990. A continuación se dedica a la investigación científica en el campo de la Preservación del Patrimonio Cultural (corrosión del vidrio, supervisión en interiores y exteriores, valoración de la efectividad de los acristalamientos de protección y de sus riesgos). En marzo de 1993 atiende la Academia de Español, Instituto Nacional del Patrimonio Cultural en Quito, Ecuador.

**Félix Benito Martín** es arquitecto de la Escuela de Arquitectura de Madrid en 1976. Se doctora en la Escuela de Arquitectura de Valladolid en 1991 con el trabajo “La formación de la ciudad medieval en Castilla y León”—Cumlaude. Profesor asociado del Departamento de Urbanismo de la E.T.S. arquitectura de Valladolid 1988–1991. Profesor en el curso de Posgrado de Restauración en la misma Escuela desde 1988–1993. Profesor en el Curso de Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico y Urbano en la Escuela de Arquitectura de Madrid (1993–1994). Es Arquitecto de la Dirección General de Bellas Artes del Ministerio de Cultura, Departamento de Monumentos. Arquitecto—en excedencia—de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Fue Jefe de Sección en la Dirección General de Urbanismo. Ha impartido cursos y conferencias siempre relacionadas con el Patrimonio Histórico, a destacar su publicación *Patrimonio histórico de Aragón. Inventario arquitectónico de Teruel*.

**Alfonso Muñoz Cosme** nace el 20 de julio de 1957 en la ciudad de Murcia, España. Estudia arquitectura en Valencia y Restauración Arquitectónica en Munich. Recibe su doctorado en el año 1986 y obtiene la plaza de Profesor Titular en la Escuela de Arquitectura de Madrid en 1988. Ha sido Arquitecto del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Arquitecto de excavaciones arqueológicas en Egipto y México y Subdirector General del Ministerio de Cultura. En la actualidad es Director del Instituto Cervantes de Munich y Profesor Invitado en la Ludwig-Maximilianus Universität de la misma ciudad. Ha publicado los siguientes libros: *Viaje a través de las arquitecturas* (Ed. Herman Blume, 1986), *La conservación del patrimonio arquitectónico español* (Ministerio de Cultura, 1989) y *Arquitecto* (Ed. Grijalbo). También ha publicado numerosos artículos en revistas especializadas.

**Frank D. Preusser** es doctorado en Química por la Universidad Técnica de Munich, Alemania. Trabajó como Jefe del laboratorio de investigación en el Instituto Dörner de Munich durante diez años. Durante este período mantuvo y desarrolló programas de estudios técnicos y de conservación preventiva del Patrimonio Cultural. A su llegada a los Estados Unidos, obtuvo el cargo como Director de Programas Científicos de Investigación en el Getty Conservation Institute. Desarrolló un equipo de investigaciones, laboratorios y las operaciones necesarias para la creación de un programa de investigación a largo plazo y con orientación internacional para la conservación del patrimonio cultural. Actualmente preside la empresa de asesoría, Frank Preusser & Associates, Inc. Formó y forma parte de comités de supervisión como del laboratorio Analítico para la Conservación (CAL:Smithsonian), así como de otros muchos comités de la Unesco para la conservación. Ha publicado sobre una gran variedad de temas relacionados con la conservación.



**Ignacio Represa Bermejo** es Doctor en Arquitectura. Actualmente es Profesor de Proyectos Arquitectónicos de la Escuela Superior de Arquitectura de Valladolid en España. Desde 1986 es el Director de las obras de restauración de la Catedral de León. Asimismo es el Director del Programa Master en "Restauración Arquitectónica" de la Universidad de Valladolid.

**Hannelore Römich** nace en Alemania el 23 de diciembre de 1958. Su educación incluye el Título en Química en 1984 por la Universidad de Dortmund y su doctorado en 1987 por la Universidad de Heidelberg, escribiendo una tesis sobre componentes organometálicos reactivos. Su experiencia laboral incluye: la investigación científica en el Fraunhofer-Institut für Silikatforschung de Würzburg desde 1988; Centro de Conservación de la Universidad de Nueva York, EE.UU., de abril a junio de 1991; Sección de Ciencias del Museo Victoria y Albert de Londres, Reino Unido, de julio a agosto de 1991. Su área de investigación se concentra en la conservación de materiales, vidrio, corrosión del vidrio, técnicas de simulación ambiental, vidrieras históricas, interacciones entre el vidrio y el medio ambiente, bronce y corrosión de metales.

**Antonio Ros Felip** es Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid. Su área de conocimiento se centra en la mecánica de los medios continuos y en la teoría de las estructuras. Su línea de investigación sigue el desarrollo práctico de métodos fotoelásticos, con diversas publicaciones, varias de ellas dentro del campo de la historia de la arquitectura.

**Aurora Ruiz Mateos** es Profesora Titular de la Universidad Complutense de Madrid, España. Su área de conocimiento se centra en la Historia del Arte. Su línea de investigación es la Historia del Arte Medieval, con diversas publicaciones dentro del citado campo.

**Andrés Sánchez** es bioquímico. Asimismo es investigador en el I.C.R.B.C. de Madrid, España. Es Investigador Científico en el Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología de La Habana, Cuba. Su trabajo de investigación se centra en el desarrollo de nuevos métodos y sistemas de limpieza aplicados a diferentes materiales históricos.

**Manfred Schreiner** realiza estudios de Química en la Universidad de Tecnología de Viena en Austria. Asimismo en esta ciudad estudia Historia del Arte. Obtiene un Diploma por su trabajo en química sobre el análisis por haz de electrones. Su tesis doctoral es en ciencias materiales: "Carburos, nitratos y boro". Su habilitación es en química analítica. Desde 1981 es Profesor Adjunto en el Instituto de Química de la Academia de Bellas Artes en Viena. Desde 1989 es Profesor Adjunto en el Instituto de Química Analítica, Universidad de Tecnología de Viena. En 1980 es becado para estudiar en la Universidad de California en San Diego en los Estados Unidos, y en 1985 para realizar cursos en el Fraunhofer Institut für Silikatforschung en Würzburg, Alemania. Algunos de sus proyectos de investigación tratan el deterioro ambiental de vidrios medievales, o análisis no destructivos de obras de arte mediante análisis de fluorescencia de rayos X.

**Nieves Valentín** es Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid, España. Desde 1987 es Investigadora del Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales dependiente del Ministerio Español de Cultura, que en el presente ha pasado a ser el Instituto del Patrimonio Histórico Español. Dentro de su actividad docente imparte cursos y seminarios sobre el biodeterioro de bienes culturales desde 1973. En 1987-1989 trabajó como Asociada de Investigación en el

Instituto Getty de Conservación de Los Angeles, California, donde desarrolló proyectos de investigación relacionados con el biodeterioro de colecciones de museos y con la aplicación de nuevos métodos desinsectantes en la conservación del patrimonio histórico. Desde 1993 es Profesora del seminario "Conservación de Museos" correspondiente al Master en Técnicas Expositivas de Museos que patrocina la Fundación Camuñas. Su actividad investigadora actual se centra en el área de nuevas tecnologías aplicadas al análisis de alteraciones de los materiales artísticos. Desde 1989 colabora en investigaciones relacionadas con el biodeterioro de la piedra monumental y de las vidrieras históricas.

**Julián Zugazagoitia**, mexicano residente en París donde ha sido Profesor de Estética del Arte Moderno y colabora como crítico de arte en diversas publicaciones. Realiza su investigación doctoral en Filosofía Estética sobre "La aspiración de la modernidad en la obra de arte total" en la Universidad de la Sorbona en París y graduado en Historia del Arte en la Escuela del Louvre también en la misma ciudad. Preside el Salon d'Art Contemporain des Beaux Arts de Saint-Etienne. Actualmente colabora con el Instituto Getty de Conservación desarrollando proyectos de conservación.

# Créditos de publicación

Extendemos nuestro sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones por habernos otorgado su permiso para reproducir las ilustraciones que aparecen en este volumen.

## **Láminas**

Lámina 1: cortesía de Bischofliches Ordinariat Augsburg, Alemania. Lámina 2: cortesía del Swiss National Museum, Zurich. Láminas 4–10: cortesía del Archivo de Monumentos y Arqueología, IPHE, Ministerio de Educación y Cultura, Madrid. Láminas 13–18: cortesía de Paroisse du Sacre Couer, Audincourt, Francia. Láminas 19–22: cortesía del Institut Helio Marin, Bidart, Francia. Lámina 23: cortesía del Philadelphia Museum of Art, legado de Katherine S. Dreier.

## **Valentín, Cortés y Sánchez, “Estudios preliminares sobre la aplicación de sistemas gelificados”**

Figuras 1a, 1b, 2, 7a, 7b, 8a, 8b: cortesía del Archivo de Monumentos y Arqueología, IPHE, Ministerio de Educación y Cultura, Madrid. Figura 5a–c: cortesía de los autores.

## **Corzo, “Deterioro de las vidrieras de la Catedral de León”**

Figura 1: cortesía de The J. Paul Getty Museum, Los Angeles.

## **Muñoz Cosme, “Arquitectura y vidrieras: evolución del siglo XIII al XIX”**

Figuras 1–7: cortesía del Archivo General de la Administración, Ministerio de Educación y Cultura, Madrid.

## **Martín, “Aspectos históricos de la Catedral de León”**

Figuras 1–7: cortesía de Electa, Milán. Figuras 8–10: cortesía del autor. Figuras 11, 16, 17: cortesía del Archivo de Monumentos y Arqueología, IPHE, Ministerio de Educación y Cultura, Madrid. Figuras 12–15: cortesía de Javier Rivera.

## **Brill, “Composición química de algunos vidrios de la Catedral de León”**

Figuras 15–18: cortesía del Corning Museum of Glass. Fotografías de Robert Brill.

## **Goldkuhle, “Selección de fenómenos de corrosión en las muestras de la Catedral de León”**

Figuras 2–5: cortesía del Archivo de Monumentos y Arqueología, IPHE, Ministerio de Educación y Cultura, Madrid.

## **Zugazagoitia, “La luz interior: el vitral en el arte moderno”**

Figura 1: cortesía de Los Angeles County Museum of Art, The Robert Gore Rifkind Center, adquiridos con fondos provistos por Anna Bing Arnold, Museum Associates Acquisition Fund and Deaccession Funds. Figura 2: cortesía del Institut Helio Marin, Bidart, Francia.





The Getty Conservation Institute  
Los Angeles

ISBN 0-89236-492-0



Sov. 14.2<sup>o</sup>A