



# Las vidrieras góticas mediterráneas: composición química, técnica y estilo

## El caso concreto de Barcelona y Siena en el siglo XIV

Flavia Bazzocchi

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Departament d'Història de l'Art  
Facultat de Geografia i Història  
Universitat de Barcelona



**Tesis Doctoral**

**Las vidrieras gòticas mediterràneas: composició química, tècnica y estilo.  
El caso concreto de Barcelona y Siena en el siglo XIV**

Memoria presentada por

**Flavia Bazzocchi**

Para optar al título de Doctora en Historia del Arte

Programa de Doctorado

*Història, teoria i crítica de les arts:  
art català i connexions internacionals*

Los directores de tesis

Dra. María Rosa Terés Tomàs  
Dr. Domingo Gimeno Torrente

## **Introducción**

La presente tesis doctoral supone la culminación de un proyecto personal de investigación que se remonta al año 2002, cuando trabajaba como restauradora en el taller del Sr. Camillo Tarozzi en Siena y respiraba un mágico e inusual clima de colaboración internacional entre varios especialistas. Profesores, técnicos, conservadores y artesanos que habían juntado sus fuerzas y conocimientos para lograr un único objetivo: la conservación del gran rosetón absidal del Duomo de Siena.

Durante esta larga tarea que duró muchos años, uno de los problemas más difíciles de resolver fue la falta de un protocolo de actuación relativo a conservación de vidrieras históricas en un sentido integral. Necesitábamos noticias documentales sobre la obra, para contextualizarla correctamente desde un punto de vista cronológico, para conocer cuantas restauraciones se habían realizado y en que medida; era necesario hacer un exhaustivo estudio histórico-artístico de la obra para confirmar su atribución, incluso su estudio químico-analítico era imprescindible, porque había que intervenir sobre patologías que afectaban el vidrio, sin dañarlo. Todo eso requirió un largo proceso organizativo, logístico y de formación.

Debido a que el Dr. Domingo Gimeno, geólogo de la Universidad de Barcelona, participó en las discusiones sobre la composición química del vidrio empleado en la vidriera y la metodología de fabricación del vidrio usado por los maestros que colaboraron con Duccio, mi creciente interés por el estudio de las vidrieras bajo diferentes aspectos (técnico-estilístico y composicional) determinó la elección del tema de esta tesis doctoral en colaboración con su grupo de Investigación PEGEFA y el la Dra. María Rosa Terès Tomás, que como directora de tesis conjuntamente al Dr. Gimeno aceptó acogerme en su el Grupo de Investigación *Magna Ars*.

La idea de realizar un estudio multidisciplinar y funcional, que proporcionara los instrumentos para futuras investigaciones primero fue valorado y patrocinado por el Institut d'Estudis Catalàn, en un segundo momento por la Rotary Fondation y finalmente por una serie de becas proporcionadas por la Generalitat de Catalunya (FI y BE) brindándome entonces la oportunidad de concretar mis objetivos.

Debido a su heterogeneidad, se ha considerado útil repartir esta introducción por puntos temáticos, para poder explicar separadamente los diversos aspectos de la investigación.

### **0.1 El objeto de estudio: las vidrieras góticas del área mediterránea. Siena y Barcelona**

En 1996 la necesidad de una restauración de tipo estructural impuso el desmontaje del gran rosetón absidal que decoraba la Catedral de Siena. La obra atribuida al maestro Duccio di Buoninsegna fue transportada al taller de restauración preparado en el Ospedale de Santa María della Scala, el edificio que se encuentra justo delante del Duomo. Allí, en un espacio curiosamente protegido por paredes de vidrio realizamos *coram populi* toda la gran obra de conservación que duró hasta el año 2003, cuando se consideraron ultimados todas las tareas de restauración y el estudio del conjunto. Entre las muchas peculiaridades que caracterizaron esta gran obra conservativa se revelaron óptimas, desde un punto de vista metodológico, la elección, previa a la restauración, de un Comité Científico de especialistas de formación heterogénea dedicados a la restauración y el apoyo de toda una serie de intervenciones químico-analíticas previas a cualquier tipo de intervención conservativa que no fuera de tipo estructural. Los primeros resultados analíticos revelaron que el vidrio en su mayoría era de tipo Na-Ca, es decir realizado con cenizas de plantas mediterráneas, excepto las muestras de color rojo, de tipo Ca-K, elemento químico que determinaba su origen centro europeo (Francia-Alemania) por el uso de plantas diferentes para su preparación y por la tecnología misma aplicada en la fabricación del vidrio. Este clima constante de intercambio cultural y de metodologías internacionales aplicados a un conjunto vítreo llamó la atención de especialistas de todo el mundo, incluso desde Barcelona. De hecho un equipo de investigadores de la Universidad de Barcelona dirigidos por el Dr. Domingo Gimeno se interesó por la gran vidriera que se estaba restaurando, por las muchas analogías estilísticas y composicionales que parecían revelarse ya a simple vista con el conjunto vítreo del Monasterio de Pedralbes de la ciudad de Barcelona.

Este monasterio, fundado en 1326 por voluntad de los reyes Jaume I y Elisenda de Moncada, representa una de las fábricas catalanas cuyo conjunto vítreo de la época gótica se ha conservado en casi su totalidad.

En su interior se pueden aún apreciar toda una serie de pinturas murales del siglo XIV y la gran obra de Ferrer Bassa, la capilla de San Miguel. Este espacio, antigua celda de la abadesa Sa Portella, conserva pinturas murales cuya belleza recuerda de una manera inequívoca la *lectio* gótica italiana procedente de la Toscana. Duccio, Simone Martini y los hermanos Lorenzetti se perciben, fuertes y carismáticos, en la belleza de las vestimentas, de los detalles ejecutados con punzón y en el empleo cromático de la pintura repartida en *giornate*. En ocasión de la última restauración que contemplaba el desmontaje y la conservación preventiva de todas las vidrieras góticas del cenobio, se decidió recoger toda una serie de muestras vítreas para facilitar las tareas de conservación de los plafones afectados por varias patologías y conocer más en profundidad los detalles composicionales del vidrio en función de su degradación.

Los resultados analíticos revelaron que en Pedralbes había tres familias de vidrios, Na-Ca en su mayoría, Ca-K limitados a unas muestras en concreto y a colores específicos, y el color rojo, plaqué y potásico, de procedencia centro/norte europeo.

A primera vista entonces se nos proponían dos grandes proyectos decorativos que presentaban características composicionales análogas en un marco temporal muy próximo y en la misma zona geográfica bañada por el Mediterráneo. En un momento histórico-artístico como finales del siglo pasado, cuando las vidrieras aún no se valoraban tanto como hoy en día porque, sobre todo en Italia, fueron bastante menospreciadas respecto a la pintura mural, dos equipos distintos procedían a aplicar el mismo protocolo de actuación conservativo para restaurar dos grandes obras de arte.

Debido a que en el Monasterio de Pedralbes las vidrieras son de autor desconocido, datadas alrededor de los años 40 del siglo XIV y presentan caracteres composicionales muy similares a las de Duccio, la peculiaridad de este acontecimiento reveló la necesidad objetiva de estudiar en paralelo los dos conjuntos, para indagar si era posible encontrar más puntos de contacto no sólo entre Pedralbes y Siena, sino también entre otros conjuntos góticos mediterráneos que presentaran características análogas.

### **0.1.1 El significado de una elección determinada**

Como consecuencia de los prometedores resultados obtenidos durante esta primera serie de análisis realizada sobre una reducida serie de muestras procedentes de Pedralbes y Siena, se decidió proceder a ampliar la metodología aquí aplicada para estudiar otras vidrieras catalanas e italianas de la misma época, que tuviesen características análogas. Este trabajo está repartido en dos partes, que corresponden a dos grandes áreas geográficas, Cataluña e Italia, y en cada área se han analizado unos conjuntos catedralicios que tuviesen relaciones con Pedralbes o Duccio. Girona, Tarragona y Santa María del Mar por lo que se refiere a la región catalana, San Giacomo Maggiore de Bolonia en referencia a Italia. En cada capítulo se ha profundizado el estudio de un objeto específico siguiendo una distribución interna por secciones: histórico-artística, conservativa y químico analítica. Al final de cada capítulo se ha considerado útil añadir algunas conclusiones para que el lector no se perdiera en el marco de un trabajo tan heterogéneo.

La elección de los conjuntos vítreos presentados no es casual. Las vidrieras de Girona Tarragona y Santa María del Mar se han elegido por tener estrictas relaciones con las vidrieras de Pedralbes y por no presentar una bibliografía científica adjunta de tipo satisfactorio, tanto desde un punto de vista estilístico-crítico como químico-analítico, teniendo en cuenta las nuevas metodologías de estudio que se pueden aplicar actualmente. Todas estas vidrieras catalanas presentan unos detalles pictóricos que, a pesar de no corresponderse perfectamente en el uso de las grisallas o en repetición de patrones, sugieren un evidente enlace entre ellas. La falta de un buen apartado fotográfico capaz de ofrecer detalles útiles para su estudio pictórico, junto a una general escasez de resultados analíticos sobre la composición de los vidrios usados para su fabricación, determinaron su elección.

Una pregunta inmediata que a menudo surge es la explicación del motivo que me llevó a no incluir las vidrieras góticas de la Catedral de Barcelona, ya que en realidad responden a las coordenadas que acabamos de explicar. El proyecto de esta tesis se basa en tres pilares: el estudio histórico-artístico, que implica también una buena dosis de investigación de archivo, el estudio conservativo de la obra y su análisis compositivo.

En referencia a las vidrieras de la Catedral metropolitana se nos presentó como imposible ya desde el principio el tema de muestrear los plafones góticos absidales. Este punto, quizás el más innovador de esta tesis quedaba excluido; por otra parte también quedaba fuera de mi alcance la parte de investigación de archivo, porque la Dra. Silvia Cañellas presentó un trabajo doctoral sobre este conjunto, centrado en su estudio documental, realizado de manera impecable. En el caso de Santa María del Mar, como se verá a continuación, no se pudo acceder a las fuentes documentales, pero desafortunadamente este “inconveniente” se generó a lo largo de las tareas de estudio de los plafones *in situ*, y por lo tanto no podía ser previsible.

Por lo que se refiere a Italia en cambio, la comparación con el número de conjuntos analizados en Cataluña parece desmerecer un poco el trabajo realizado, en realidad hemos decidido elegir la Iglesia de San Giacomo Maggiore porque respondía a dos exigencias fundamentales: las vidrieras son de época gótica y posiblemente contemporáneas a las de Duccio y sobre todo porque se trata de un conjunto vítreo inédito en por muchos aspectos, tal como la mayoría de los plafones catalanes elegidos. Este último factor nos ha permitido ofrecer en este caso una primicia.

Durante las tareas de selección de los centros italianos más útiles, cara a una comparación con Duccio, hemos tenido la oportunidad de recopilar muestras vítreas procedentes de la Basílica de San Francesco d’Assisi, pero la heterogeneidad de esta gran cantidad de material aún requiere unos cuantos análisis que se están procesando. Asimismo, por lo que se refiere a Cataluña unas cuantas muestras de vidrio plano y de excavación procedentes del Monasterio de Poblet y del Monasterio de Santes Creus se han muestreado y se están estudiando con la intención de publicar los resultados obtenidos posteriormente tan pronto como sea posible.

## **0.2 El contexto histórico-artístico: bibliografía y fuentes documentales**

El análisis de los conjuntos vítreos de la época gótica presentado en esta tesis se ha centrado en dos grandes líneas de investigación: el ámbito histórico-artístico y el estudio tecnológico-composicional del vidrio mismo.

Con el objetivo de crear una base de datos histórico-artístico útil para la comparación de los diferentes conjuntos y su estudio en paralelo, hemos aplicado el mismo protocolo a cada uno de ellos. En referencia a la Cataluña las vidrieras elegidas presentan todas las mismas características: son conjuntos de la primera mitad del siglo XIV, en su mayoría anónimos y se relacionan de alguna manera (directa o indirecta) con maestros extranjeros. El primer paso hacia el conocimiento de estas obras de arte ha sido contextualizarlas en un más amplio marco histórico, geográfico y arquitectónico, caracterizando el edificio al que pertenecen y trazando la historia evolutiva del mismo, en relación a la ejecución de las vidrieras mismas.

Consecuentemente, debido a que se trata de conjuntos anónimos del siglo XIV en su mayoría relativamente poco documentados, se ha realizado un exhaustivo estado de la cuestión bibliográfico y documental sobre las investigaciones previamente realizadas por otros autores.

En referencia a este aspecto, en primer lugar hay que decir que el estudio de las vidrieras, consideradas al mismo nivel que el resto de las demás disciplinas pictóricas, es una conquista reciente para la historia del arte, sobre todo en relación a su gran valor artístico. Hasta el siglo pasado estas obras de arte frágiles y de una belleza aniquiladora se menospreciaron, considerándolas obras menores, por un conjunto de factores heterogéneos, primero entre ellos la controvertida relación entre el autor de un modelo y el maestro que lo traducía en una obra concreta. En Cataluña a partir del siglo XIX se desveló cierto interés por parte de los estudiosos hacia esta disciplina, pero principalmente con respecto a su técnica. Las diferentes noticias sobre vidrieras publicadas en esta época de manera heterogénea y con cierta superficialidad de contenidos, empezaron a tener cierta forma sistemática con la edición de las primeras guías divulgativas de los varios monumentos culturales, hasta la aparición de los trabajos del Corpus Vitrearum Medii Aevi (CVMA).

El CVMA es un órgano institucional que en toda Europa se dedica a catalogar la mayoría del patrimonio vítreo medieval y por lo que se refiere a Cataluña estas publicaciones del siglo XX aun se consideran como el referente más exhaustivo para su estudio.



Por todos esos factores la tarea de recopilación bibliográfica ha sido bastante complicada, sea por la peculiaridad del tema elegido sea por la necesidad de una actualización del patrimonio fotográfico editado con anterioridad por el CVMA y que en algunos casos ya no corresponde a las actuales condiciones de las obras conservadas *in situ* o incluso por encontrarse actualmente desplazadas.

El estado de la cuestión sobre la documentación referente a las vidrieras elegidas en esta tesis se ha basado en parte en el apartado documental de los volúmenes del CVMA, complementado con los pocos trabajos puntuales publicados hasta la actualidad y en parte de manera directa, accediendo personalmente a los Archivos y Fondos documentales. En referencia al Monasterio de Pedralbes la consulta de su archivo y de las publicaciones editadas por otros investigadores ha requerido un largo proceso de espera, debido a que todo su fondo se conserva entre una zona de clausura del cenobio donde actualmente vive una restringida comunidad de monjas y las oficinas del Museo de Pedralbes cuyo acceso es muy restringido y sujeto a limitaciones.

Debido a que al principio de esta investigación nos fueron denegados los permisos para el acceso a este archivo, desde un punto de vista metodológico se procedió a compensar la espera buscando lógicas alternativas para hallar posibles datos sobre este mismo monasterio y sus vidrieras, pero en otros centros, donde posiblemente se habían podido conservar copias de los mismos documentos.

Por este motivo, habida cuenta de la íntima relación del monasterio con sus patrocinadores reales durante unos años, hemos complementado el estudio histórico-artístico de los plafones con la investigación en el Archivo Medinaceli de Cataluña en Poblet y en varios archivos de la ciudad de Barcelona: el Archivo Diocesano, el Archivo de la Corona de Aragón, el Archivo de Protocolos Notariales, y el Archivo Nacional.

Asimismo, relacionando datos bibliográficos y de archivo referentes a la misma institución monástica la búsqueda documental se ha desplazado a las ciudades de Palma de Mallorca (Archivo Capitular y Archivo Diocesano) y de Siena (Archivo di Stato).

En referencia a los conjuntos italianos la metodología empleada ha sido la misma, pero se ha limitado a un estudio exhaustivo de la bibliografía y del material documental, ya publicado en su mayoría. El análisis de las obras se ha realizado de dos maneras

complementarias: cuando ha sido posible, y con los debidos permisos, los conjuntos *in situ* se han estudiado desde cerca, explorando entonces zonas de acceso restringido de las varias Catedrales, para llegar a una cercanía útil para el conocimiento de la pieza.

Asimismo se han aprovechado, como en Tarragona, obras de restauración para acceder por los andamios hasta las “zonas altas” donde se suelen encontrar los conjuntos vítreos.

En otros casos, cuando se trataba de plafones individuales ya almacenados, el análisis pictórico ha sido facilitado por su cercanía, accesibilidad y posibilidad de utilizar la luz natural para centrarnos en detalles revisables solo en momentos puntuales del día.

En casos más desafortunados, cuando no ha sido posible acercarse a las vidrieras aún colocadas *in situ* y a una distancia que no permitía un análisis detallado, se ha empleado material fotográfico.

### **0.3 Estudio conservativo de las obras *in situ* y recopilación fotográfica.**

El análisis directo y cercano de las obras, afortunadamente el realizado en la mayor parte de los casos, ha permitido alcanzar dos grandes objetivos de esta tesis: un estado de la cuestión actualizado sobre la conservación de la obra y un exhaustivo apartado fotográfico adjunto, que ha permitido un estudio de los detalles pictóricos de los plafones. De hecho uno de los problemas con los que nos encontramos al principio de esta tesis fue la escasa resolución de las fotos publicadas en su tiempo por el CVMA y que, en general, perjudican los detalles pictóricos a favor de unas imágenes panorámicas de las lancetas. Siempre que fuera posible las fotos de los plafones se han realizado con luz transmitida y reflejada, y con el soporte de un equipo de profesionales.

En referencia al estado de conservación de los conjuntos vítreos estudiados, en líneas generales se ha detectado un mal estado de mantenimiento tanto de las obras que aun conservan su emplazamiento original como de los plafones que se encuentran desplazados o almacenados, excepto en Pedralbes y Siena, porque ya se habían restaurado en su tiempo.

En referencia al grupo de obras catalanas, estas requieren intervenciones inmediatas porque aparecen afectadas por problemas mecánicos, estructurales y de conservación de la pintura. Con respecto a los plafones que se encuentran enmarcados en soportes individuales, todos, a pesar de su ubicación (Museo o almacenes catedralicios), están afectados por patologías de degradación que dependen directamente de la estructura en la que se encuentran encerrados, sin cámaras de ventilación, aspecto especialmente dañino por lo que se refiere a condensaciones y acción de los microorganismos sobre el vidrio. En ambos casos desde un punto de vista metodológico se ha procedido a advertir los órganos responsables de la Conservación del Patrimonio.

#### **0.4 El muestreo de los plafones: protocolo de intervención**

En cada país, las vidrieras se han seleccionado siguiendo un criterio cronológico, territorial y estilístico bien definido, tal como se ha indicado en el apartado anterior.

La decisión de muestrear estos conjuntos, es decir de recoger unas porciones milimétricas de vidrio para su análisis químico-analítico, ha sido requerida por la voluntad de aclarar aspectos diversos de su fabricación y composición material que de otra forma el solo estudio histórico-artístico o conservativo de la obra no habría podido satisfacer.

Los análisis tienen el objetivo de revelar los componentes de fabricación del vidrio e ingredientes usados para su coloración, comparándolos con las recetas de fabricación del vidrio medieval conservadas en los tratados más antiguos. El conocimiento de los componentes usados para la fabricación del vidrio (arena, cenizas, colorantes, etc.) primero nos ayuda a trazar unas directrices hacia las rutas comerciales de estas materias primas y asimismo ofrece datos adicionales sobre los posibles autores implicados en la ejecución de estas obras de arte. Unos datos analíticos que sirven, entonces, para corroborar o contrastar hipótesis histórico-artísticas que de otra forma no podrían tener respuestas científicas, quedándose entonces como mera suposición.

Para acceder a los conjuntos, aunque fuera solo para fotografiarlos, se hizo imprescindible pedir todos los permisos a las autoridades encargadas de preservar el

Patrimonio, explicando el carácter multidisciplinar de la investigación aplicada a los conjuntos elegidos. En todas las fases de intervención tanto los Conservadores, Arquitectos y restauradores, como los Rectores de los conjuntos religiosos han participado presencialmente en las fases de intervención, evidenciando, con su actitud positiva hacia este proyecto, el deseo de valorar los conjuntos vítreos de los que eran responsables.

El protocolo de actuación usado para recopilar las piezas se ha tenido que adaptar en cada caso al contexto en el que se encontraba insertada la pieza. Cuando se ha tratado de muestras procedentes de obras en proceso de restauración, han sido los restauradores (por ejemplo en Tarragona, Pedralbes y Siena) que han intervenido directamente suministrándolas muestras, mientras en todos los demás casos hemos muestreado personalmente los plafones.

En ambos casos el primer paso del muestreo ha sido una exhaustiva recopilación fotográfica de los plafones, tanto para contextualizar la investigación como para crear gráficos de referencia que certificaran la procedencia del vidrio y lo contextualizaran.

En la Catedral de Girona, que se destaca como ejemplo de colaboración impecable entre las autoridades implicadas en la conservación de sus vidrieras y la Universidad de Barcelona, los trabajos de muestreo se han alargado durante unos días por la gran cantidad de material hallado y conservado en plafones individuales, descolocados.

En cada panel la vidriera se encontraba guardada entre dos láminas de vidrio que servían de soporte exterior y quedaba incluida en un tercer vidrio, perfilado de manera que la pieza encajara perfectamente en el hueco. Al abrir los paneles se ha decidido quitar solo el vidrio superior para no mover demasiado las piezas, en su mayoría bastante dañadas y sin haber sido previamente restauradas, conllevando por lo tanto problemas de soporte de los vidrios por falta de una red de plomo estable y rígida.

Se ha muestreado solo las vidrieras que no presentaban una red de plomo y vidrio unitario, con el fin de no dañar la composición visual, primero se ha preferido recoger las piezas en los puntos donde el vidrio y/o el plomo ya estaban fracturados o dañados y en segundo lugar se han recogido las piezas que por su peculiaridad llamaban mucho la atención, siempre preservando como objetivo constante el respeto de la obra y su

conservación. En el caso de que se eligiese muestrear un vidrio no fracturado pero cuyo estudio se considerara necesario, el corte siempre se ha realizado en las partes laterales que quedan ocultas bajo la red de plomo. Los vidrios en su mayoría se han cortado sumergidos en agua, utilizando una punta de diamante y unas pinzas.

Cada vidrio recogido se ha fotografiado y puesto en un sobre, marcado con el código correspondiente a la nomenclatura dictada por el CVMA, y referente a las vidrieras de Girona, para facilitar la consulta de nuestra base de datos por parte de cualquier usuario.

En un segundo momento se han vuelto a cerrar los plafones con todas las precauciones requeridas, con la valiosa ayuda de Gustavo Torres Mendoza, técnico logístico de la Catedral.

Tras la obtención de las muestras, fuera esa directa (muestreo) o indirecta (entrega por parte de los restauradores) todas las piezas se han catalogado de la siguiente manera, con la finalidad de crear una base de datos. Por cada conjunto vítreo (Tarragona, Girona, Siena, Pedralbes, etc.) las muestras recogidas se han colocado en sobres individuales, transparentes y se han marcado con un código que corresponde a la referencia del CVMA. Cada pieza, colocada encima de una mesa de luces ha sido fotografiada con luz transmitida de manera que se pudiesen apreciar color, pintura y peculiaridades del vidrio, y con luz reflejada, para valorar su estado de conservación (degrado, costras, pátinas picaduras, etc).

Asimismo las muestras se han medido individualmente con un pie de rey, para calcular su espesor y medidas. En el caso de piezas que presentaban un espesor irregular este se ha medido en los dos puntos más representativos. Las muestras se han estudiado en detalle con lupa y microscopio para detectar datos sobre su fabricación, marcas de vidriero y corte artesanal de la pieza.

Para poder entregar las muestras al laboratorio del CSIC encargado de su estudio analítico, de cada vidrio se ha cortado un fragmento de unos pocos milímetros y puesto en sobres individuales, para permitir el análisis de la pieza que en la parte recién cortada no presenta ni alteraciones ni suciedad. El corte de las piezas ha sido realizado de dos maneras: en líneas generales ha sido cortado a mano con una punta de diamante y pinzas; en el caso de que durante el corte se generaran escamas de vidrio, estas se han

recogido en pequeños viales de plástico, asimismo identificados con la misma sigla que la muestra entera, cortada.

En el caso de que el espesor del vidrio superara los 4 mm y que fuera imposible recortarlo a mano sin poner en peligro la conservación de la pieza entera, esta misma se ha entregado a los Laboratorios del departamento de Petrología de la Facultad de Geología para que el técnico encargado a estas tareas se encargara de cortarlas con una sierra mecánica de alta precisión. Asimismo, en el caso de que el vidrio a analizar tuviese que ser devuelto (p.ej. los vidrios que se encontraban en las tracerías de la Capilla de Santa María de los Sastres de Tarragona) los vidrios han sido cortados por el técnico de laboratorio, para reducir al mínimo las medidas de la muestra y minimizar el riesgo de romperla accidentalmente en un fragmento demasiado grande.

### **0.5 Los análisis químico-analíticos: interés, objetivos, características y tipologías**

Parece necesario exponer en esta introducción qué información se puede obtener de los estudios arqueométricos realizables sobre vidrio, y en particular de los estudios químicos que han sido llevados a cabo en este trabajo, de una manera sencilla y útil para el estudioso que procede de disciplinas humanísticas y carece por lo tanto a priori del conocimiento básico del cuerpo de doctrina correspondiente a este tipo de investigaciones. Para ello hay que tener presente cómo se produjeron en su día los vidrios, cuáles fueron las materias primas empleadas, que grado de objetividad, fiabilidad, repetitividad y posibilidad de comparación tienen las diferentes técnicas empleables en el análisis químico de los vidrios. En efecto, son frecuentes los análisis químicos ofrecidos en obras referidas al estudio de vidrieras, o en memorias de conservación, que simplemente carecen de valor comparativo al no haber sido expresadas correctamente las técnicas empleadas y las condiciones experimentales de los análisis.

El vidrio se realiza en escala industrial por lo menos desde tiempo del Imperio Romano, mediante la fusión conjunta de elementos vitrificantes (esencialmente arena cuarcífera rica en sílice, o más raramente cantos de río cuarcíferos), elementos fundentes alcalinos

(sodio y potasio) que permiten disminuir la temperatura a la que trabajaban los hornos (bastante inferior a la de los modernos hornos industriales), elementos estabilizantes como el calcio (aunque ocasionalmente puede actuar también como fundente); y elementos modificadores del color, ya sean cromóforos (esencialmente de grupo de los metales de transición) o decolorantes.

Cualquier arena sin tratar no es apta para la producción del vidrio, más bien muy pocas lo son a priori. En la composición de los vidrios medievales se puede distinguir a menudo un cuidadoso trabajo de limpieza de las arenas para eliminar elementos o minerales como por ejemplo los que contienen hierro en abundancia (ya que en este caso específico pueden producir vidrios coloreados en la gama del verde, cuando se suele querer obtener vidrio incoloro. Además del cuarzo, muchas de las arenas aptas por su composición contienen minerales particularmente resistentes a la corrosión química y la erosión mecánica (como el mismo cuarzo; se trata de una selección de materiales análogos realizada por la naturaleza mediante los procesos de erosión de las rocas y transporte de los materiales detríticos producidos). Estos minerales contienen trazas químicas de su procedencia, elementos presentes en muy pequeñas cantidades que no interfieren ni en la vitrificación, ni en la fusión, ni a veces en las propiedades cromáticas de un vidrio, pero que permiten trazar su origen, en especial detectar en juegos de fragmentos de vidrio un origen común (y por tanto, casi inevitablemente, muchas veces también un mismo momento de producción o edad del vidrio), o bien la existencia de varios grupos de vidrios correspondientes a diferentes épocas de restauración y reposición de las piezas de una vidriera. Esta detección se suele realizar mediante el tratamiento estadístico multielemental de esos componentes específicos del vidrio. Los elementos fundentes pueden aparecer en cantidades tan elevadas como el 20 % en peso o más del vidrio y permiten distinguir entre diferentes procedencias de vidrio gracias a los fundentes empleados (cenizas de madera de caducifolios en el potásico-sódico, cenizas de plantas halofíticas de marisma –o anteriormente una roca, el natrón- en el caso de los sódico-potásicos). Igualmente, su composición química influye en el estado de conservación de las vidrieras sometidas a seis o más siglos de exposición a la intemperie, ya que los vidrios

potásicos son mucho más sensibles a la corrosión, y en especial a la originada por la acción de los microorganismos.

Los elementos estabilizantes permiten garantizar una mayor durabilidad en vidrios a priori muy poco estables, por el elevado contenido relativo en elementos alcalinos fundentes respecto a los vitrificantes (sílice). El lector tiene que tener presente que en el caso de alteración por hidrólisis (contacto con agua) los elementos alcalinos sodio y potasio son los que más fácilmente migran de la masa del vidrio a partir de su superficie, generando una capa externa hidratada empobrecida en dichos elementos. Siendo el calcio el elemento estabilizante por excelencia, su introducción en la formulación de vidrios puede producirse tanto de forma accidental (por ejemplo, presencia de conchas marinas en las arenas cuarcíferas empleadas como vitrificante) como formar parte de la receta querida por el vidriero. En este segundo caso el calcio se puede introducir mediante el empleo de carbonato de calcio, ya sea por calcinación de la roca caliza como de conchas de organismos (normalmente moluscos). En este segundo caso se puede detectar una presencia de Sr en un orden de magnitud decimal superior al del caso procedente de las calizas.

Finalmente, los elementos modificadores relacionados con el color suelen presentar una “huella dactilar geoquímica” de la sal mineral empleada para su aporte al vidrio, en forma de elementos en trazas o ultratrazas cuya determinación puede ser útil para esclarecer el origen del cromóforo empleado en la vidriera y, en el caso más ideal, por esta vía obtener una idea cabal de la procedencia posible del metal o sal mineral empleada, e incluso en el caso de orígenes diacrónicos bien documentados (p.ej. la entrada en explotación de una determinada mina metálica) dar una idea de la posible edad de fabricación del vidrio.

Por lo tanto, cualquier estrategia analítica propuesta debería intentar alcanzar la correcta caracterización de los principales elementos vitrificantes, fundentes, estabilizantes y colorantes de un vidrio. Los tres primeros grupos suelen aparecer en cantidades elevadas, (del orden del tanto por ciento o decenas del tanto por ciento) en los vidrios, en el grupo de los elementos que llamamos mayoritarios cuando en Geología se analiza una roca; mientras que el resto, y algunos de los trazadores o acompañantes caracterizadores de los mayoritarios se presentan principalmente en forma de trazas en el vidrio.



Podemos plantearnos qué características debe tener un análisis químico de un vidrio para ser de utilidad en un estudio como el que nos ocupa. Es útil recordar que este tipo de análisis son de uso común desde hace más de un siglo en geología, y que un vidrio no deja de ser más que una roca artificial, existiendo también por otra parte vidrios naturales (obsidianas, sideromelanas, fulguritas, tectitas, etc.). En primer lugar, el análisis debería ser completo, entendiendo por tal por lo menos que recoja los componentes mayoritarios del vidrio, expresados como óxidos, de manera que su suma de un valor superior al 95-97 % y lo más próximo posible al 100 %. Cuando hablamos de componentes o elementos mayoritarios éstos son Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Mn, Ti, P (como veríamos por ejemplo en el análisis de una roca), e igualmente algunos metales como el Cu, Co, Sb, Pb, que pueden llegar a aparecer en gran cantidad (valores próximos o superiores al 1 %) en un vidrio. El análisis será tanto más completo cuantos más elementos químicos incorpore, ya que los que damos en llamar traza también deben ser incorporados al sumatorio que debe dar algo próximo al 100 %. Algunos elementos ligeros de difícil o en todo caso no rutinario análisis por los métodos convencionales importados de la geología (Cl, S) pueden también llegar a ser mayoritarios en la formulación de un vidrio.

En segundo lugar, cualquiera que sea el método o instrumento analítico empleado debe ser correctamente contra un conjunto de patrones internacionales de composición certificada, y entre nuestras muestras problema de vidrio debería incluirse otro patrón de composición certificada, no empleado en la calibración, como muestra de patrón interno de control. Los patrones deben cubrir abundantemente el rango de valores de los componentes químicos a medir en el vidrio, ya que de otro modo para valores superiores o inferiores las rectas (en realidad, a pesar de su nombre son normalmente curvas) de calibración en realidad actuarían meramente por extrapolación y los resultados analíticos no serían necesariamente buenos. Los análisis deben ser además precisos, y repetitivos sin variación notable en su resultado.

Finalmente, hay que tener presente la diferencia entre los análisis verdaderamente cuantitativos de los semicuantitativos o meramente cualitativos. A priori todo instrumento nos dará un resultado numérico, pero hay que saber valorar si éste es significativo o no. Por ejemplo, en muchos casos las publicaciones incluyen microanálisis

obtenidos por espectrometría de energías dispersadas (EDS, en el acrónimo inglés), asociadas a microscopia electrónica de barrido (MEB, SEM en el acrónimo inglés) como cuantitativos mientras que, debido a las configuraciones de la mayor parte de los instrumentos instalados en la mayor parte de laboratorios, el SEM+EDS suele ser meramente un análisis semicuantitativo de difícil empleo a efectos de caracterización química fina de un vidrio, y de comparación entre diferentes vidrios.

Los métodos analíticos empleados en el análisis de los vidrios estudiados en esta tesis son variados pero se ha comprobado su equivalencia y la comparabilidad de los resultados.

En resumen, los elementos mayoritarios se han obtenido mediante estudio por microsonda electrónica de Castaing (suelen ser los que aparecen con el acrónimo EMPA, electronmicroprobe análisis, en las publicaciones escritas en inglés), ICP-OES y/o ICP-MS (excepto el silicio) y finalmente HR-ICP-MS-LAM. Los elementos en traza han sido obtenidos mediante ICP-MS y posteriormente mediante HR-ICP-MS-LAM. Este último instrumento muestrea el vidrio mediante ablación de la superficie de éste mediante un láser, hecho que facilita enormemente el proceso de preparación de las muestras; e igualmente tal como ha sido recogido más arriba permite analizar simultáneamente tanto los elementos mayoritarios (incluyendo el silicio) como los que aparecen solo como trazas en el vidrio. Se recoge más detalladamente la descripción de los diferentes tipos de análisis realizados en un anexo al final de la tesis.

## **0.6 Los objetivos**

Debido a su heterogeneidad los objetivos de esta tesis han sido varios y se han repartido por categorías, tal como se ha organizado este mismo estudio. No todos se han podido conseguir, por un conjunto de factores a menudo ajenos a nuestra voluntad, pero en líneas generales se ha cumplido con la mayoría de nuestras intenciones iniciales.

El objeto de esta tesis se ha querido estudiar desde diferentes perspectivas, per tal de aclarar incógnitas que se habían quedado tales durante mucho tiempo, y sobre todo

ofrecer una metodología de estudio eficaz y aplicable a más conjuntos vítreos que respondieran a las mismas coordenadas.

No obstante todas las vidrieras elegidas tanto en la región catalana como en Italia presentaran un apartado documental adjunto de discreta entidad, debido a que en su mayoría quedaban por desvelarse sus autorías, desde un punto de vista metodológico decidimos no dar por descontado que las cosas fueran de una sola manera y que se hubiese dicho y rebuscado ya todo el material documental relativo a cada obra.

La gran cantidad de material hallado en Poblet mientras se nos denegaba el acceso al archivo del Monasterio de Pedralbes atestigua la validez de este planteamiento.

En varios casos desafortunadamente la investigación no ha proporcionado nuevos hallazgos y ha requerido la inversión de mucho tiempo y largos desplazamientos, pero nos ha permitido comprobar lo propuesto con antelación por la crítica anterior y excluir definitivamente hipótesis que no resultaban firmes por su imprecisión.

En referencia al estudio técnico y estilístico de las piezas el objetivo principal ha sido lo de analizar los conjuntos a través de una mirada crítica que contemplara su estado de conservación en relación con las fuentes documentales halladas y los datos proporcionados por los recetarios medievales. Debido a que las fuentes documentales no ofrecían datos reveladores sobre la autoría de los conjuntos anónimos lo que hemos procedido a hacer ha sido el estudio de la pintura misma como formulación material y su aplicación técnica. Esta práctica nos ha permitido establecer comparaciones entre los varios conjuntos de manera horizontal, comparando técnica y estilo.

En Cataluña esta metodología se ha revelado muy eficaz, proporcionado preciosas sugerencias histórico-artísticas y técnicas, mientras en Italia eso no pudo realizarse debido a que las vidrieras de la iglesia de San Giacomo Maggiore di Bologna se conservan ya solo como fragmentos.

Desde un punto de vista histórico-crítico los análisis químico-analíticos debían respaldar o corroborar nuestras consideraciones a medida de que procedía su estudio documental y visual. Asimismo, entre los objetivos científicos del área tecnológica al principio de este trabajo se pretendía caracterizar el vidrio en sus componentes mayoritarios y en trazas con la finalidad de añadir datos sobre la procedencia del vidrio usado para las vidrieras

catalanas e italianas, también en relación con sus dinámicas comerciales, y crear una base de datos a nivel internacional. Podemos decir que en referencia a este ámbito hemos cumplido con nuestras tareas, debido a que la caracterización del vidrio muestreado nos ha permitido reanudar los hilos de lo que eran las recetas para fabricar vidrio de colores y proporcionar datos reveladores sobre las familias de vidrio usado en nuestros conjuntos, incluyendo también la posible procedencia de los maestros implicado en la obra.

Para concluir, a nivel personal consideramos un objetivo relevante el hecho de haber creado una metodología multidisciplinar aplicada a obras de arte donde han colaborado diversos especialistas de procedencia heterogénea y ámbitos científicos distintos. Si para los que se dedican a disciplinas científicas la colaboración es un tema ya asumido y bien organizado, tal como se puede ver en la cantidad de autores que participan en una única publicación, por lo que se refiere a nuestro ámbito es muy distinto, y a menudo la investigación se concreta en un viaje solitario, que hemos querido enriquecer.



