

**EDUCACIÓN EN ARTE  
Y PATRIMONIO CULTURAL.  
LA PREPARACIÓN Y EXAMEN CIENTÍFICO  
DE MICROESTRATIGRAFÍAS  
COMO HERRAMIENTA FORMATIVA  
EN EDUCACIÓN ARTÍSTICA  
Y FORMACIÓN DE ESPECIALISTAS  
DEL PATRIMONIO CULTURAL**

**Anabelle Kriznar**

**Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Ljubljana, Ljubljana, Eslovenia  
Facultad de Bellas Artes, Universidad de Sevilla, Sevilla**

**Guadalupe Durán-Domínguez**

**Centro Universitario de Mérida, Universidad de Extremadura, Mérida, Badajoz**

**Pedro J. Sánchez-Soto**

**Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), Centro Mixto Consejo Superior  
de Investigaciones Científicas (CSIC)-Universidad de Sevilla, Sevilla**

## INTRODUCCIÓN

En educación artística cada vez es más imprescindible y necesario establecer una colaboración entre profesionales de distintas disciplinas y áreas de conocimiento para enfocar determinados problemas desde diversos planteamientos y puntos de vista complementarios, conjugar conceptos de las distintas disciplinas y proponer metodologías en cooperación para llevar a cabo dentro de un equipo de tal modo que sea beneficioso para todos. De ahí el concepto de interdisciplinariedad como conjunto de disciplinas conexas entre sí y con relaciones definidas a fin de que sus actividades no se produzcan en forma aislada, dispersa y fraccionada.

La colaboración entre historiadores del arte, químicos, físicos, ingenieros y profesionales de las bellas artes es indispensable para conseguir comprender los mecanismos de alteración que condicionan el comportamiento de algunos materiales de interés, dentro del Patrimonio Cultural, como han mostrado Arjonilla Álvarez, Durán Domínguez, Ruiz Conde y Sánchez-Soto (2007). Dicha colaboración es muy importante llevarla a cabo en un equipo dentro de la interdisciplinariedad y presenta un aspecto formativo de especial interés en la educación artística de nuevos profesionales.

Con un aporte del trabajo de distintos especialistas dedicados al estudio científico-tecnológico mediante diversas técnicas instrumentales de análisis, aplicadas en estudios sobre Ciencia y Tecnología de Materiales, se caracteriza, identifica y, en definitiva, se conoce la naturaleza y composición de los distintos objetos de estudio del ámbito de los bienes y acervos culturales. Con una metodología basada en esta premisa y los resultados que así se obtienen en cuanto a diagnóstico del estado de conservación, se pueden establecer las posibles causas del deterioro de obras de arte y, de este modo, proponer unas bases adecuadas para su conservación preventiva.

En esta comunicación se presentan los principios generales en relación a la preparación, procedimiento experimental y examen científico de microestratigrafías, considerándolas como una herramienta formativa en educación artística y en la de especialistas del Patrimonio Cultural. Se muestran algunos ejemplos de estudios realizados y en curso de realización a efectos ilustrativos de la utilidad del empleo de dichas preparaciones, mediante observación directa, y para estudios posteriores empleando diversas técnicas instrumentales de análisis y caracterización de materiales. Se destacan todos los aspectos formativos en educación artística.

## OBTENCIÓN DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS

Los primeros investigadores que abordaron el estudio de obras de arte ya percibieron las ventajas que suponía el examen y análisis de los posibles estratos presentes. De este modo, su desarrollo trajo consigo la puesta a punto de técnicas para la obtención de secciones transversales de muestras, de forma similar a los estudios de metalografía al microscopio óptico, destacando como antecedentes a Plester y Lazzarini (1976), Gay (1976), Mayer (1988) y otros muchos. Matteini y Moles (2001) describen la técnica de la sección transversal y láminas delgadas. En general, y es un aspecto importante a tener en cuenta en cuanto a educación artística, se prefiere

disponer de una muestra pequeña pero representativa y lo más completa posible que una más grande o parcial, o incluso que manifieste tendencia a fragmentarse, lo cual es mucho peor si la fragmentación ocurre paralelamente a los estratos que pretenden observarse.

La toma de muestras representativas del objeto artístico de estudio debe ser del modo menos destructivo posible. Dependiendo de la cantidad de muestra seleccionada, se pueden analizar directamente. O bien, como alternativa, si solo se dispone de micromuestras de escasos miligramos, lo ideal es preparar inclusiones de las mismas fijándolas en un medio polimérico o resina. Dicho medio endurecerá por reacción de polimerización y servirá así como soporte de las micromuestras, ya que suelen ser frágiles. De este modo, se obtienen preparaciones embutidas denominadas microestratigrafías, con utilidad manifiesta como medio para estudiar las posibles capas que pueden estar presentes.

### **TÉCNICA DE REALIZACIÓN DE LAS MICROESTRATIGRAFÍAS**

El empleo del microscopio óptico permite lograr una amplia visión directa que facilita el estudio e investigación de los diferentes estratos o capas que pueden existir en un objeto artístico. Esto es mucho más primordial en el caso de obras pictóricas, incluidas las pinturas murales, puesto que el artista las ha estructurado con su habilidad técnica, conformándolas como estratos superpuestos.

En cuanto a educación artística, la información obtenida con la preparación y estudio de microestratigrafías puede ser muy valiosa: datos sobre la secuencia de las capas, técnicas de ejecución, textura particulada de pigmentos y aditivos empleados y posible deducción del estado de conservación de la obra, con un diagnóstico para su posible restauración. Los estratos más externos no serían visibles, pero pueden ser más interesantes los estratos que le sirven de soporte y el análisis de las microestratigrafías puede ponerlos al descubierto.

Las condiciones a tener en cuenta en cuanto a metodología son varias, destacando que es importante que el procedimiento experimental presente ventajas como son sencillez, economía de medios, fiabilidad, relativa rapidez, reproducibilidad y posibilidad de realización de varias preparaciones simultáneas. Se trata de muestras valiosas, muchas veces escasas y en reducida cantidad. El educando ha de tener esto en cuenta para que en las diferentes etapas que conlleva la preparación de microestratigrafías, esté mentalizado para realizarlas con sumo cuidado, evitando así los fallos de cualquier naturaleza, como contaminación o incluso la formación de artefactos producto de todas las manipulaciones.

### **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

Es muy formativo y simple el procedimiento a seguir para la preparación de microestratigrafías, habiéndolo expuesto con detalle en trabajos previos, como en Jiménez Roca, Ruiz Conde y Sánchez-Soto (2005). La preparación comienza por emplear un medio transparente, como puede ser metacrilato, empleando planchas de 8-10 mm de espesor de la que se cortan tiras

de unos 10 mm de ancho. En estas tiras se realizan taladros en forma de cono con una broca (proporcionalmente sería la de 8 mm) y se elimina el polvo o virutas producidos. Al emplear metacrilato como soporte, lo ideal es utilizar un compuesto químico de tipo acrílico, de preferencia algunos de los empleados por protésicos dentales. Suele presentarse como polvo y se combinan con resina líquida como catalizador.

La etapa inicial consiste en introducir polvo de resina hasta la mitad del cono dejado por el taladro. Se añaden entonces unas gotas de la resina líquida con una pipeta de vidrio y se esperan unos segundos, introduciendo entonces con sumo cuidado, utilizando una pinza, la micromuestra representativa obtenida de la obra de arte a estudiar, por ejemplo con la parte más externa hacia abajo. En el caso que la micromuestra presente porosidad, se trata aparte con la resina líquida para impregnarla previamente. Se añade más líquido catalizador hasta el nivel máximo de altura, evitando la formación de burbujas (**Fig. 1**). Se deja el conjunto durante varias horas en reposo y al abrigo del aire y la luz intensa, preferiblemente toda una noche, hasta apreciable endurecimiento de las muestras embutidas.

A continuación, las siguientes etapas que se realizan son de tipo mecánico. En primer lugar, el corte de estas preparaciones empleando una sierra (**Fig. 2a**), de preferencia manual con sumo cuidado, separando cada una de las preparaciones embutidas. Estas deben marcarse de algún modo para evitar confusión, por ejemplo con un rotulador marcador permanente. Seguidamente se procede a la operación de lijado y pulido, de forma manual sobre una mesa o plataforma limpia o mejor con una lijadora automática de tipo orbital (**Fig. 2b**). Se suele usar primero papel de carburo de silicio de grano bajo como el 400, corrigiendo el paralelismo entre las caras de las preparaciones para así evitar desenfoques innecesarios en el microscopio óptico. Después se pasa a emplear papel de grano más fino, por ejemplo el 1200, y por último se pule la muestra embutida con un paño o fieltro de hilo. Si se observan arañazos después del pulido, se da una capa de Bálsamo de Canadá empleando un pincel en la superficie de las mismas. Esta sustancia líquida se utiliza de forma general para sellar preparaciones microscópicas.

#### **OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO ÓPTICO O LUPA Y OBTENCIÓN DE MICROFOTOGRAFÍAS**

Las preparaciones obtenidas se examinan empleando una lupa de aumento o mejor un microscopio óptico, de preferencia ambos binoculares, pero con iluminación blanca de luz reflejada, provisto de cámara fotográfica adaptada a dicho microscopio. Cada vez se impone más el uso de cámaras digitales para este propósito, con la facilidad de almacenamiento en tarjetas de memoria para posterior tratamiento de la imagen. Las observaciones que se realicen permiten apreciar la microestructura estratigráfica de la muestra considerada bajo estudio, como el color, la secuencia y el espesor de las capas, la forma de contacto entre ellas, el tamaño de las partículas observadas tanto en los soportes como en las capas pictóricas, lo que en ocasiones permite también la caracterización de los materiales empleados (**Fig. 3**). Se pueden observar también inclusiones que presenta la muestra, posibles repintes e intervenciones posteriores (**Fig. 4**) etc.

También pueden identificarse determinados soportes como han mostrado Kriznar, Ruiz-Conde, Sánchez-Soto (2014) en pintura mural medieval. De la misma forma, observando las fibras bajo el microscopio óptico como parte de una estratigrafía, puede identificarse también el material orgánico usado para un lienzo. Es el caso también, muy formativo, de pinturas sobre tabla, en el que es importante realizar un corte vertical a las micromuestras y otro horizontal a los vasos leñosos del soporte de madera. Procediendo así, podría incluso determinarse el tipo de madera utilizada.

Resulta muy ilustrativo el caso del estudio de pigmentos y soportes de pinturas sobre tabla, en los que pueden identificarse, por ejemplo, las preparaciones al emplear yeso y cola animal como base de las capas pictóricas. ( yo quitaría esta frase que sigue y he tachado, porque es muy superficial; o deberíamos añadir un párrafo más largo sobre pigmentos y aglutinantes; sobre tabla se usaba más bien temple, el óleo vino después). Incluso se pueden apreciar repintes posteriores (repintes no se hacen con bol) o el dorado, realizado, por ejemplo con un bol rojo que contiene óxidos de hierro (ocre) con cuarzo y arcillas, y se solía aplicar debajo de las finas láminas doradas para facilitar su pulido. Otras veces se pueden observar los soportes empleados en pinturas murales compuestos de cal (la fase mineral calcita - carbonato de calcio) como aglutinante, mezclado con arena o mármol/ calcita triturado como agregado, pues se evidencian los granos de cuarzo, entre otros, que lo forman. De estas observaciones incluso se puede deducir la técnica empleada en la ejecución de las pinturas murales, como *a fresco* (pintar sobre mortero todavía húmedo), *a secco* (pintar sobre mortero ya seco) y a cal (pintar sobre una capa de blanco de cal) (**Fig. 3**). En el primer caso, la línea entre el mortero y la primera capa pictórica es borrosa, las dos capas se mezclan en su superficie de contacto; en el caso de *a secco* la línea está bien definida, ya que el color se aplica a una superficie ya seca, mientras que en el caso de pintura a cal se observa claramente una capa blanca entre el mortero y las capas pictóricas.

Asimismo, con estas observaciones al microscopio óptico se pueden apreciar otros aspectos y efectos importantes, como son las alteraciones producidas por la acción de humedad, con origen en infiltración y/o condensación, efectos de la atmósfera circundante donde se encontraba la obra de arte, la presencia de sales si las hay y cambios degenerativos, algunos puestos en evidencia por Arjonilla et al. (2007). En muchos casos, estos agentes de deterioro de los materiales pueden causar cambios de color de ciertos pigmentos (**Fig. 4**), deterioro de las capas pictóricas y su desapego del soporte, craqueladuras etc.

Además de la observación directa con lupa y al microscopio óptico, se pueden emplear otras técnicas complementarias de utilidad en análisis y caracterización de materiales para este tipo de estudios sobre obras de arte y se emplean las microestratigrafías obtenidas. Entre ellas destacan los análisis microestructurales, texturales y químicos por microscopía electrónica de barrido (MEB) y análisis químico por espectroscopía de energías dispersivas de rayos X (EDX), fluorescencia de rayos X (FRX), espectroscopía de Infra-Rojos (IR), además del análisis mineralógico o de fases cristalinas por Difracción de rayos X (DRX).

Los resultados así obtenidos, cualitativos y cuantitativos, permiten caracterizar de un modo no destructivo todos los materiales constituyentes y son importantes por sus aspectos formativos para educación artística.

**Agradecimientos y dedicatoria:** Se agradece el apoyo económico de la Junta de Andalucía al grupo de investigación TEP 204 y el apoyo de la Red Temática TECHNOHERITAGE que han facilitado la realización de estos estudios, así como al Ingeniero D. Enrique Jiménez Roca, pionero en la preparación y estudio de microestratigrafías en el ICMS, a quien se dedica también este trabajo con motivo de su jubilación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arjonilla Alvarez M., Durán Domínguez G., Ruiz Conde A., Sánchez-Soto P.J., La interdisciplinariedad en la Conservación de los Bienes Culturales: análisis de muestras de pigmentos afectados de cambios degenerativos, págs.. 387-396 en: "La Conservación infalible, de la teoría a la realidad", III Congreso del Grupo Español del IIC, Oviedo, 2007, Ed. Gráfica 82 S.L., Madrid, 2007.

Gay M.C. (1976), Application of staining method to section transversal in the study of the media", págs, 78-83 en: Conservation and Restoration of Pictorial Art, Ed. Butterwhorts, Londres, 1976.

Jiménez Roca E., Ruiz Conde A., Sánchez-Soto P.J. (2005), Preparación de secciones estratigráficas: aspectos prácticos del análisis de estratos en obras del Patrimonio Cultural (pigmentos y soportes), Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Volumen 44, 2005, 382-386.

Kriznar A., Ruiz-Conde A., Sánchez-Soto P.J. (2014), Mineralogy of supports and selected pigments in Mediaeval Churches of Slovenia, Revista Macla, 10, 77-78.

Matteini M. y Moles A., Técnica de la sección transversal y de las láminas delgadas, págs. 27-35 en: Ciencia y Restauración. Método de investigación. Ed. Nerea, Jubnta de Andalucía, Consejería de Cultura, Bilbao, 2001 (traducción de la obra de Matteini M. y Moles A. "La chimica nel restauro. Il materiali dell'arte pittorica", Ed. Nardini, Roma, 1989, 379 págs.)

Mayer R. (1988), Materiales y técnicas del arte, Ed. Hermann Blume, Madrid, 1988, 687 págs.

Plester J. y Lazzarini L. (1976), Preliminary observations on the technique and materials of Tintoretto, p. 7-26 en: Conservation and Restoration of Pictorial Art, Ed. Butterwhorts, Londres, 1976.

## FIGURAS

Fig. 1. - Preparación de las estratigrafías - introducción de las micromuestras en el soporte de metacrilato, embutiéndola en resina.

Fig. 2 - Preparación de estratigrafías - el corte mecánico con la sierra manual (a) y el lijado y pulido con lijadora automática (b)

Fig. 3 - Microestratigrafía de pintura mural (Cerkvenjak, x100). Se observa el mortero, hecho con cal y arena (se aprecia la forma de los granos), la primera capa fina roja del dibujo preparatorio, realizada *a secco*, otra capa blanca de cal y encima una capa más gruesa de ocre amarillo, realizada *a fresco*.

Fig. 4 - Microestratigrafía de pintura mural (Sentjanz/ Dravce, x200). Primera capa de cal blanca, encima una capa de ocre amarillo, otra capa de blanco de cal como repinte posterior, encima del cual se observa una capa superficial oscura, originalmente de un amarillo vivo (amarillo de Pb-Sn - analizado por EDX) que oscureció debido a agentes de deterioro atmosféricos.