

# LA UTILIZACION DEL LASER NdYAG EN LA LIMPIEZA DE CAPAS DE POLICROMIA

**Cristina Gómez González, Mercedes Barrera del Barrio.**

Centro de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Castilla y León. Junta de Castilla y León.

## Resumen

Se trata de una aproximación a un nuevo método de limpieza de capas de policromía, en el que se emplea un equipo láser de NdYAG, como novedad frente al láser de excímeros, que hasta ahora era el tipo de fuente que se había empleado para estos tratamientos. Los procesos de limpieza de obras de arte, dependen de la elección apropiada del método a usar, el seguimiento y el control de las técnicas, siendo por lo tanto el láser un instrumento de trabajo susceptible de ser empleado según lo anteriormente expuesto. Este es un trabajo en desarrollo, sin poder aportar conclusiones, por lo que los resultados obtenidos hasta el momento, se completaran con nuevos estudios y pruebas.

Las aplicaciones del láser en el campo de la conservación de pintura, son relativamente recientes, comenzándose los primeros trabajos hacia 1993, animados por el interés que representa el uso de una fuente que no toca físicamente la obra de arte. La primera aplicación del láser de Nd-YAG, como instrumento de limpieza para capas de policromía en escultura, se inicia en el Centro de Conservación y Restauración de la Junta de Castilla y León, en Simancas (en adelante CCRBC) a finales del año 2000, durante el desarrollo de un trabajo conjunto entre el departamento de material inorgánico y el departamento de pintura, sobre unos retabillos con figuras moldeadas en arcilla cocida y policromadas, enmarcadas en madera y con tapas de madera policromada, del Monasterio de San Antonio El Real de Segovia.

Las dificultades para obtener buenos resultados en los procesos de limpieza por métodos tradicionales, sobre todo en ciertos colores produjo la búsqueda de métodos alternativos para tratar estos problemas. Algunos tipos de azules, por la compactación del depósito de suciedad y/o en estados de alteración especialmente serios, se muestran difíciles de tratar y los resultados que se obtienen por métodos tradicionales no son siempre satisfactorios, por lo que se realizaron pruebas con métodos alternativos, entre ellos el equipo láser del CCRBC.

Quizás el principal interés de esta experimentación se centra en los buenos resultados obtenidos con un láser de NdYAG, frente a los experimentos y resultados más habituales de limpieza de capas de policromía realizados con láseres de excímeros.

El láser de NdYAG, tiene como medio activo una barra de granate de Ytrio y Aluminio, dopada con neodimio que emite luz infrarroja. Ejerce una acción fototérmica, es decir, actúa sobre los enlaces de la materia inorgánica, vaporizando las capas de suciedad. Sin embargo, no actúa sobre la materia orgánica pues no tiene energía para romper sus enlaces covalentes. El láser de excímeros, sin embargo, tiene un medio activo gaseoso y

está situado en el espectro ultravioleta. Ejerce una acción fotoquímica, rompiendo los enlaces químicos de la materia, sin generar calor. Elimina capa a capa, desde 0'1 a 1 micra por pulso.

Por tanto, partimos de la idea de que las características del láser de NdYAG, implican un tipo de limpieza más selectiva que las del ultravioleta, y con posibilidades para una acción más fácilmente controlable.

Las características técnicas del aparato de NdYAG con el que contamos en el Centro, son las siguientes: 1064 nm de longitud de onda, 6 ns de duración de pulso, 20 Hz de frecuencia de disparo, 340 Mj de energía máxima de salida y posibilidad de trabajar en haz colimado o convergente. Para los presentes ensayos, se ha trabajado en haz colimado, es decir, sin dependencia de la distancia de aplicación; la variable, dependiendo del tipo y grosor del depósito, ha sido la densidad de energía o fluencia.

Los tratamientos de limpieza que se han efectuado sobre policromías en el Centro han sido ensayados sobre diferentes tipos de colores y capas, exceptuando siempre aquellos para los que la experimentación había determinado la inadecuación del método (1,2,3). Parece comprobado que el blanco de plomo  $PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$  se transforma en  $PbO + PbO_2$  virando hacia un tono grisáceo. El minio  $Pb_3O_4$  rojo se ennegrece por su transformación igualmente en  $PbO$  y  $PbO_2$ . En los pigmentos que contienen hierro se apunta a una transformación a  $Fe_3O_4 + FeO$ , existiendo por tanto un oscurecimiento. En el cinabrio existe un cambio de fase de cinabrio hexagonal  $\alpha$ -HgS de color rojo a metacinabrio cúbico  $\alpha'$ -HgS. Por otra parte, hay constancia (4) de que los aglutinantes no resultan alterados en el proceso de limpieza con este tipo de láser, por lo apuntado anteriormente acerca de la inoperancia sobre materia orgánica. Con estos antecedentes y tras los aceptables resultados obtenidos en las piezas anteriormente citadas, se ha experimentado con este procedimiento sobre tres esculturas en madera policromada del Museo de la Universidad de Salamanca.

Los colores en los que se han realizado estas pruebas comenzaron por los azules, ya que como anteriormente se ha señalado se trata de capas problemáticas, continuándose las pruebas en dorados, brocados, verdes, e incluso colores tan sorprendentes para tratar con este tipo de láser, como es el negro.

Así mismo, se testaron los resultados que se iban obteniendo, probando antes y después de tratamientos de consolidación de la capa pictórica, consiguiendo siempre resultados más satisfactorios, con la capa virgen, es decir sin aplicar ningún tipo de consolidación o sellado de policromía.

Capas sobre las que se ha probado el láser de NdYAG para eliminación de suciedad y resumen de resultados:

## Retablillos de San Antonio el Real

Tipo de color/ Pigmento	Fluencia (J/cm <sup>2</sup> )	Técnica y/o aglutinante	Resultado químico/físico	Resultado visual
Azul ultramar	0'12-0'35	Oleo	Sin variación del pigmento entre antes y después (Espectroscopia infrarrojo y Raman)	Muy bueno
Azul ultramar		Temple		No lo aceptaba
Dorado	0'08-0'12	Resina, lámina metálica, mixtión y oro (brocado aplicado)	Se aprecia un leve desmoronamiento en la resina de preparación	Muy bueno
Pan de oro		Dorado al agua sobre bol y dorado al mixtión		No lo aceptaba

## Tallas del Museo de la Universidad de Salamanca

Tipo de color	Fluencia (J/cm <sup>2</sup> )	Técnica y/o aglutinante	Resultado químico/físico	Resultado visual
Azul azurita	0'23-0'35	Proteico oleaginoso	Sin variaciones en estratigrafías y espectros de antes y después	Muy bueno
Verde de hierro	0'23	Proteico oleaginoso		Bueno
Negro carbón	0'18-0'23	Proteico oleaginoso	Ligero amarilleamiento en parte superior de la preparación (calor)	Bueno
Pan de oro	0'12-0'14	Dorado al agua sobre bol y dorado al mixtión	Sin variaciones en estratigrafías y espectros de antes y después	Excelente, especialmente en el del mixtión
Dorado	0'18	Resina, lámina metálica, mixtión y oro (brocado aplicado)	Se aprecia un leve desmoronamiento en la resina de preparación	Bueno

Como queda demostrado los resultados que se han conseguido han sido variados, incluso para el mismo tipo de color, ya que juega un papel importante el aglutinante, el soporte o la técnica (así por ejemplo, se puede ver en los cuadros anteriores como el azul aplicado al temple sobre madera, no aceptaba el tratamiento con el láser. También en el caso del pan de oro de las piezas de cerámica no aceptaba el procedimiento, mientras que en el pan de oro sobre madera en las esculturas de Salamanca, se obtuvieron resultados excelentes). Sin embargo, los resultados más satisfactorios hasta el momento, o al menos los que resultan más interesantes, se han obtenido en los casos en que la limpieza tradicional se hace difícil (azules y brocados).

Como es habitual durante todo el proceso se ha seguido un control, para comprobar que la bondad de los resultados visuales era también interna (química y material), mediante pruebas de laboratorio. Estas pruebas no difieren de las empleadas habitualmente para

todas las piezas que se restauran en el Centro. Las herramientas de trabajo son: microscopía óptica con observación bajo EPI-iluminación y fluorescencias, espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y cromatografía de gases (GC).

La espectroscopia infrarroja no detecta cambio alguno en la composición de pigmentos y aglutinantes, cuando se ha empleado para determinarlos. La cromatografía de gases detecta los ácidos grasos, componentes de los aceites secantes, en el caso de aglutinantes oleaginosos. El aspecto más interesante es el observado trabajando en microscopía óptica bajo condiciones de fluorescencia. Los aglutinantes presentan cierta fluorescencia. Bajo determinadas condiciones, el aceite de linaza da una fluorescencia amarilla, lo que hace fácilmente detectable su presencia. Experimentalmente hemos visto como a fluencias superiores a  $0'97 \text{ J/cm}^2$  el aglutinante penetra en la capa de preparación y es absorbido por el yeso.

En la limpieza con el láser de NdYAG, la absorción de energía es relativa por parte de la suciedad, (teóricamente se estipula que el soporte debe absorber sobre un 20% como máximo de la energía irradiada, porcentaje que varía según los materiales). La interacción del láser con la materia es fototérmica; la energía se convierte en calor. Puesto que el tiempo de duración del pulso es muy corto, este efecto es muy rápido transmitiéndose mínimamente al sustrato. A pesar de ello, dicho efecto será el responsable de esta migración observada únicamente en el caso de aglutinantes de naturaleza oleaginosa. No hemos comprobado si conlleva una modificación de la estructura química del aglutinante, lo que sí se ha visto es que provoca una penetración del mismo hacia la capa subyacente ( que normalmente es la preparación). El valor umbral es  $0'97 \text{ J/cm}^2$ , Trabajando por debajo de esta fluencia el efecto no es apreciable. Este hecho no es novedad puesto que ya ha sido constatado en otras experiencias realizadas por el laboratorio del Centro es el estudio de la limpieza de la piedra monumental cuando existen pátinas cromáticas, cuyo aglutinante es aceite secante; en estos casos, el aglutinante era absorbido por el soporte, piedra arenisca o caliza (“El estudio y cuantificación de los efectos de la limpieza con láser sobre la piedra monumental”, Proyecto I+D del CICYT, participando La Universidad de Oviedo, la Universidad de Granada y el CCRB).

Establecidos los parámetros, los resultados obtenidos animan a continuar el estudio en otras piezas susceptibles de ser tratadas con este instrumento de trabajo, con el fin de obtener un mayor número de datos y un estudio de los resultados lo más amplio y completo. Se tiene el propósito de realizar un seguimiento continuado, en el tiempo, las piezas tratadas, con el fin de analizar correctamente su evolución, ya que los datos obtenidos aunque buenos, son escasos, como también es escaso el número de pruebas realizadas.

Esta comunicación simplemente pretende ser un apunte sobre una opción de limpieza nueva, frente a los sistemas tradicionales. Es un estudio mucho más amplio, testado y crítico que el que se ha realizado en muchos casos para los métodos tradicionales de limpieza que, en la mayor parte de los casos, se han dado por buenos sin realizar

estudios amplios y profundos sobre las consecuencias en las piezas a medio y largo plazo.

#### **Notas.**

1. Sobot, R.J.G., Heinze, T., Neumeister, K., Hildenhagen, J. Actas Lacona IV (2001), 151.
2. Chappe, M., Hildenhagen, J., Dickmann, K. Actas Lacona IV (2001), 143.
3. Pouli, P., Emmony, D.C., Madden, C.E., Sutherland, J. Actas Lacona IV (2001), 147.
4. Weeks, C. Actas Lacona I, (1995), 25-29.

#### **Bibliografía**

COOPER, M. *Laser Cleaning in conservation. An introduction.* Butterworth-Heinemann. Oxford, 1998.  
VV.AA. *Protocolo de actuación con técnicas avanzadas de caracterización para la limpieza de obras de arte con tecnología láser.* Actas del Congreso Internacional "Restaurar la memoria". Valladolid, 2000.