



Reflexiones sobre la limpieza de las superficies policromadas¹

En este artículo se propone una revisión crítica de los sistemas tradicionales de limpieza de superficies policromadas, a la vez que se plantean propuestas de nuevas metodologías. Se hace, además, una reflexión muy interesante y necesaria en relación a la toxicidad de los disolventes y a los criterios deontológicos para afrontar este tipo de procesos tan delicados e irreversibles.

Este documento es el resultado de un encargo realizado a Paolo Cremonesi por María Teresa Orengo, responsable del laboratorio de restauración de la Región de Liguria (Italia), y que el autor ha cedido amablemente para que sea traducido y publicado en nuestra revista.²

Paolo Cremonesi. Químico y coordinador científico de Cesmar7. paolocremonesi57@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Desde 1992 me ocupo de métodos de limpieza de pinturas y superficies policromadas que intentan conjugar la protección de la salud del operador y de la seguridad del lugar de trabajo, con el respeto a la integridad estructural de la obra. Entre las iniciativas adoptadas para promover el conocimiento y el uso de estos métodos, en 1995 preparé un curso de perfeccionamiento profesional para restauradores: "Materiales y métodos de limpieza de obras policromadas", curso llevado luego a más de cuarenta ciudades italianas y, más recientemente, también al extranjero, gracias al interés de muchas personas e instituciones privadas y públicas que me han dado su confianza, que al ser tantos llenarían todo el espacio de esta introducción.

En 1999 por iniciativa del entonces director del laboratorio de restauración de la *Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici della Liguria*, Piero Donati, este curso se realizó en Génova para los restauradores de los laboratorios de restauración de la *Soprintendenza* y de la región. Aunque no teníamos un conocimiento personal directo, Piero Donati era conocedor del trabajo que yo estaba desarrollando en el *Opificio delle Pietre Dure* (OPD) de Florencia, con la puesta a punto de un método de limpieza para la cruz de Guglielmo en la catedral de Sarzana, obra de la cual él mismo había promovido la restauración en el OPD. Esta "curiosidad" hacia los nuevos métodos, unida a la atención del bien artístico, fueron la base para la iniciativa. El curso, que empezó en el laboratorio de la *Soprintendenza*, y que siguió por razones técnicas en el que entonces era el laboratorio del *Servizio Programmi e Strutture Culturali della Regione Liguria*, gracias a la disponibilidad de María Teresa Orengo, fue la ocasión para el inicio de una colaboración que sigue aún en varias vías. En particular, las restauradoras de la Región profundizaron aún más en su camino de perfeccionamiento asistiendo a otros cursos sobre las nuevas metodologías de limpieza, y poniéndolas después en práctica en las actividades de su laboratorio.

En este espíritu de colaboración se incluye también este artículo. Aprovechando esta ocasión quisiera trazar las ideas principales y esbozar algunos problemas que merecen atención.

LA "NECESIDAD" DE LA LIMPIEZA

Adentrándome en estas consideraciones, no puedo olvidarme de anteponer esta premisa. Ya sea trabajando directamente en la obra, con nuestras manos, o sencillamente hablando de ella, la sensación es siempre la misma: nos equivocamos todos (el químico, el historiador,

el restaurador, etc.) si nos enfrentamos al problema sólo desde una perspectiva, sólo con una competencia (por ejemplo la científica), no teniendo en cuenta las otras (la histórica, la artística, etc.). Soy muy consciente de esto y, en consecuencia, del hecho de que se pueda aplicar también a las consideraciones que haré a continuación.

Entre las muchas operaciones de restauración, la limpieza de la imagen de una obra policromada parece ser la más susceptible a provocar fuertes emociones y reacciones. Entre los muchos episodios recordemos sólo el caso más próximo a nosotros en el tiempo: el debate sobre la "legibilidad" que la revista *Kermes* acogió en sus páginas.³

En un reciente congreso dedicado a la limpieza,⁴ se han establecido unas posiciones bien definidas. Ante todo, como subraya Ciatti, la limpieza no debería ser considerada como una intervención en sí misma; sino que tendría que ser programada y estudiada en el conjunto de un proyecto global de restauración.⁵

Bonsanti, a la definición de la limpieza como: "una intervención que mire a la reconstrucción de una aceptable condición estética de la obra, que en concreto se llama *legibilidad*", añade otra consideración importante: "una operación de limpieza es, en realidad, la condición para el acceso a la superficie de la obra, sin la cual este acceso es imposible o fuertemente limitado. Nosotros bien sabemos, por otro lado, que si no existe el acceso a la superficie, generalmente y salvo excepciones, no se dan siquiera las condiciones para toda otra serie de intervenciones, empezando por las de carácter estrictamente estructural y conservativo como pueden ser consolidaciones, protecciones, etc."⁶

Personalmente advierto la falta de otra motivación:⁷ sería más reconfortante si se pudiera llegar a decir "en este caso la limpieza tiene la finalidad de eliminar los materiales que, si se mantuvieran, podrían comprometer la integridad estructural de las capas con las que están en contacto." El problema es que tal vez no tenemos criterios objetivos para poder diagnosticar este riesgo. Visiblemente podemos darnos cuenta, por ejemplo, de que una capa de barniz reducido a escamas sea potencialmente peligroso porque las escamas, al desprenderse, podrían llevarse consigo el sustrato. Pero probablemente éste sea el único juicio de "daño potencial" estructural que podemos hacer. Si tuviéramos a disposición una manera para medir la acidez de una resina fotooxidada en la capa de barniz, entonces también se podría añadir la elevada acidez entre los factores de riesgo. Igualmente, un barniz que se haya vuelto muy polar y, en consecuencia, más hidrófilo, añadido a la fotooxidación, a veces origina fenómenos aparentes de *blooming*: el daño no sólo es de tipo estético y puede indicar que la capa se ha vuelto más higroscópica, más susceptible de alteraciones.

Volviendo a un principio más general, el de la unidad de la obra de arte, se podría decir que sería más útil encontrar razones particulares, para cada caso específico, en vez de motivaciones generales para justificar la limpieza. Éste sería, por ejemplo, el significado de "proyectar la limpieza en el contexto de todas las otras operaciones de restauración."

Concedánme algunas reflexiones, no sólo personales, sino maduradas en el interior de un debate sobre la mínima intervención que representa una de las líneas de trabajo de nuestra asociación Cesmar7.⁸ Estas últimas décadas parecen haber confundido la identidad del "bien cultural": grandes exposiciones, grandes restauraciones, gran atención mediática, lienzos viajando de un continente a otro... ¿De verdad es éste, nos preguntamos con un poco de perplejidad, el "destino de uso" del bien? ¿No es demasiado desequilibrado hacia el término de "bien de consumo"? Se hacen intervenciones de restauración efélicas en intervalos de tiempo muy pequeños: es bastante común, aun así,

constatar que al cabo de sólo treinta o cuarenta años, la obra está sometida a un nuevo ciclo de restauración, incluida la limpieza. Hablaremos más adelante de los riesgos relacionados con la limpieza: por ahora sólo podemos decir que sabemos suficiente para concluir que la motivación para ejecutar una limpieza no puede ser un sencillo "maquillaje" antes de un gran evento internacional.

A estas consideraciones se tiene que añadir otra: la exigencia de "disfrute" de la obra de arte; el sacrosanto derecho del "público" de disfrutar de la visión de la obra original. ¿Cómo conciliar estas exigencias? Estoy firmemente convencido de que se debería llegar a escribir una "carta de los derechos de la obra de arte", tomando prestado un término que está de moda, me gustaría que se hablase del "disfrute sostenible" del bien artístico, pero... ¡qué difícil!

Para intentar reconducir todas estas consideraciones hacia una especie de utilidad práctica, el sentido puede ser éste: considerada la extraordinaria complejidad de la operación de limpieza, sea por lo que respecta a la operación en sí misma (eliminar algunos materiales y dejar otros inalterados), sea por la lectura de la obra que tiene que conseguir hacer el operador que la efectúa, es fundamental cualquier atención y precaución hecha para minimizar la posibilidad de interacción con los materiales constitutivos.

LOS DISOLVENTES ORGÁNICOS

Entre las herramientas tradicionales a disposición para una operación de limpieza, los disolventes orgánicos son tal vez con los que el restaurador se siente más cómodo: aparentemente su acción es sencilla y previsible, tienen un coste bajo y, considerando los materiales sobre los cuales es posible utilizarlos, tienen una razonable eficacia. El reverso de la moneda es el riesgo potencial para la salud del operador y para la seguridad del lugar de trabajo, aspectos que han sido poco considerados hasta hace pocos años: a veces infravalorados ("bueno, son pequeñas cantidades..."), otras veces afrontados con masoquista grosería ("el verdadero restaurador no tiene miedo...") y otras con resignado fatalismo ("es inevitable...").

Es interesante notar como los disolventes con mayor potencial de agresividad para la obra de arte también son muchas veces los más tóxicos para el organismo humano: por ejemplo las amidas como la dimetilformamida, o alguna base orgánica como la butilamina, disolventes que han sido muy utilizados en restauración y que también hoy en día, a pesar de los muchos cambios de los últimos años, de vez en cuando reaparecen...

Inevitablemente (y añadamos, por suerte), los disolventes orgánicos están destinados a una progresiva limitación, hasta que probablemente desaparecerán del todo. Amplios sectores industriales, desde el punto de vista económico mucho más relevantes que el sector de las bellas artes y la restauración, ya se están enfrentando a este problema y están haciendo esta completa o parcial conversión al medio acuoso: pensemos, por ejemplo, en las pinturas con disolvente que cada vez más se transforman en pinturas a base de agua. Desde este punto de vista no se puede más que desear (y los signos preliminares son alentadores), que la dimensión comunitaria de la legislación en esta materia sea más estricta que la de nuestro país, que sólo es rigurosa en teoría. Pero hasta ahora, la decisión del restaurador de reducir el riesgo de toxicidad ha sido una elección dictada por la buena voluntad individual, del todo encomiable porque ha comportado la necesidad de enfrentarse a mayores costes para adquirir productos de calidad teniendo además que justificar el uso de estos productos a la dirección o al responsable de trabajo, que no habría siquiera pestañeado si el restaurador hubiese escogido materiales más tóxicos, pero consolidados por la tradición.

El primer paso hacia un modo de trabajo que tiende a reducir la toxicidad y, paralelamente, aumentar la selectividad para la salvaguarda de la integridad de la obra, puede ser justo éste: aun aceptando el uso de los disolventes orgánicos, efectuar una precisa elección sobre qué disolventes utilizar y sobre el modo de utilizarlos.

Teniendo en cuenta los valores de los parámetros utilizados para expresar la toxicidad de los disolventes, como por ejemplo los límites de exposición a los vapores,⁹ y considerando que en un laboratorio de restauración, a diferencia de un laboratorio químico, es mucho más difícil garantizar condiciones seguras de uso, almacenamiento y de eliminación de residuos, podemos decir que los disolventes indicados a continuación presentan un riesgo demasiado alto y deberían ser completamente eliminados del uso en el campo de la restauración.

- Todos los hidrocarburos clorados (diclorometano o cloruro de metileno, tricloroetano, tricloroetileno).
- Los hidrocarburos aromáticos (tolueno o toluol, xileno o xilol) a bajo grado de pureza, porque pueden contener significativas cantidades de benceno, un potente cancerígeno.
- Los hidrocarburos alifáticos (esencia de petróleo, *White Spirit*, trementina, *Mineral Spirits*), porque contienen residuos clorados y sobre todo si son de baja calidad, pueden contener cantidades de hasta del 15-20 % de aromáticos.
- Las aminas: butilamina, piridina, morfina.
- Las amidas: formamida, dimetilformamida o DMF.
- Los glicóles: cellosolve, acetato de cellosolve, butilcellosolve.
- Los ácidos carboxílicos: ácido fórmico, ácido acético glacial.
- Todas las mezclas comerciales de las cuales no se conoce la composición exacta (ej. disolventes nitro, disolventes genéricos).
- Los llamados "decapantes", formulaciones comerciales a base de diclorometano.

Para otros disolventes, considerada su menor toxicidad, es admisible un uso ocasional, de cantidad limitada. Pero, si hay exposición a cantidades elevadas de vapores, es aconsejable el uso de mascarilla de gases. Éstos son:

- Los hidrocarburos con bajo contenido de aromáticos.
- Entre los hidrocarburos aromáticos solo el tolueno, de pureza superior al 99,5 % (de modo que el eventual contenido de benceno sea el más bajo posible).
- Entre los ácidos carboxílicos: ácido acético al 80 % en solución acuosa.
- Entre las aminas: la trietanolamina y la dietanolamina.
- Entre los ésteres: etil lactato.
- Entre los alcoholes: la diacetona alcohol y el alcohol benzílico.
- Entre los hidrocarburos: la esencia de trementina y el dipentano (pero poniendo particular atención en caso de sensibilidad individual, considerando su fuerte poder de provocar reacciones alérgicas).
- El dimetilsulfóxido o DMSO.

Disolventes como el dimetilsulfóxido y el etil lactato son alternativas válidas, respectivamente, a la dimetilformamida y al cellosolve. Se encuentran también con facilidad y dan el mismo resultado con un riesgo de toxicidad menor. Las alternativas no son en la práctica más complicadas.

Hasta aquí hemos considerado sólo el tema del riesgo de toxicidad. Pero hay más si se considera también la integridad de la obra. Pensemos en un disolvente, o más en general, en cualquier reactivo utilizado para la limpieza o para otras intervenciones que requieran la aplicación sobre la superficie pictórica (por ejemplo una consolidación o un barnizado). Si para analizar la acción de la sustancia utilizada

adaptamos como criterio de evaluación sólo la observación visible del operador, es muy probable que la conclusión sea que el uso de la sustancia haya sido eficaz y selectivo. La misma acción, evaluada con los medios analíticos de los que actualmente disponemos, sería probablemente juzgada de invasiva y no selectiva. No tenemos que sorprendernos, pues cuanto más aumenta la precisión de nuestra observación, de nuestro método de medición, más nos damos cuenta de habernos equivocado. Esto es inevitable: una línea continua trazada a mano con bolígrafo sobre una hoja se vuelve una sucesión de puntos discontinuos si la analizamos con microscopio. Sólo se tiene que definir cuál es el grado de precisión aceptable y, por consiguiente, cual es la sensibilidad de medida necesaria.

Esta afirmación no quiere ser una crítica a todos los restauradores, una reprimenda por no saber evaluar correctamente un riesgo de daño. El ojo del restaurador es seguramente suficiente para evaluar la entonación de un retoque, y no se tendrán sorpresas si esta intervención es luego evaluada por otros ojos. Pero no podemos pretender que el ojo del restaurador pueda enterarse de las consecuencias de una intervención a nivel molecular: si el disolvente aplicado actúa sobre la capa pictórica causando una pérdida de materia coloreada, nos podemos dar cuenta en seguida. Pero si esto no pasa, si el disolvente reacciona con la capa pictórica sin causar la pérdida del pigmento pero eliminando algunos componentes moleculares invisibles, no coloreados, será imposible diagnosticar el daño a simple vista. Es por tanto un problema de sensibilidad del instrumento de medida utilizado para la evaluación, y de comparación de esta medida, con el nivel de precisión deseado. Con otras palabras: ¿pensamos que es suficiente la mano del restaurador para evaluar la tensión que se necesita dar a una tela cuando se monta en el bastidor, o necesitamos un dinamómetro para medir exactamente esta intensidad?

En el caso de la limpieza, para evaluar las posibles interacciones con la capa pictórica y los otros estratos de la obra, creo que es necesario un grado de precisión superior a lo visible. Para confirmar esta afirmación quiero citar un importante estudio realizado algunos años atrás por investigadores ingleses: después de haber retirado el barniz de almáciga de una pintura al óleo utilizando sustancias fuertemente básicas y analizando la superficie pictórica con el gran aumento del microscopio óptico de barrido (SEM), aparecían evidentes poros y signos de erosión.¹⁰

El riesgo de daño invisible al ojo es real y tenemos que ponerlo de manifiesto. Estudios profundizados hechos a nivel internacional han clarificado la naturaleza de esta interacción. Muchas informaciones ya están disponibles acerca del aglutinante oleoso típico de la pintura al óleo, hasta llegar a poder decir que los mecanismos principales de envejecimiento y degradación de este material ya se han esclarecido;¹¹ por otro lado se acaba de empezar el estudio de los aglutinantes típicos del temple: colas animales, huevo, polisacáridos.¹² Desgraciadamente tenemos que añadir que no se ha aprovechado una gran oportunidad en nuestro país: aquí el temple de huevo ha sido durante siglos la técnica más importante y ¡los estudios hechos para caracterizar este aglutinante no son italianos!

En el caso del aglutinante oleoso, sabemos que cuando aplicamos un disolvente orgánico necesario para retirar un barniz alterado, se verifican estos procesos: más o menos rápidamente (dependiendo del tipo de disolvente, pero siempre hablamos de algunos segundos) el disolvente penetra en el interior de la capa y la hincha. Más o menos todos los disolventes actúan así, porque es una simple acción de tipo físico-mecánico, no enlazada con las características intrínsecas del disolvente. En este momento, el disolvente puede producir un fenómeno conocido como *leaching*: puede solubilizar, y por lo tanto extraer, algunas pequeñas

moléculas que se encuentran en el interior de la capa oleosa, moléculas presentes desde el inicio o formadas durante el proceso de envejecimiento del propio aceite. Cuando finalmente el disolvente se evapora, la capa de pintura ha disminuido de grosor, porque ha perdido algunos componentes, y se ha vuelto más rígida y frágil porque estos componentes hacían de plastificantes del aceite polimerizado. Cuanto más polares son los disolventes, más eficaces son para provocar el *leaching*, y el problema es precisamente éste: para la eliminación, parcial o total, de un barniz oxidado se tienen que utilizar disolventes polares o muy polares.

Hasta ahora nos hemos escondido detrás de consideraciones de este tipo: es verdad que el fenómeno del *leaching* nos puede ocurrir, pero en general tenemos que trabajar con lienzos que ya han sufrido por lo menos una intervención de limpieza en el pasado y, por lo tanto, ya han sido sometidos a este *leaching*, perdiéndose en ese momento esos componentes cruciales. Detallados estudios recientes nos demuestran que esto no es verdad:¹³ se ha demostrado la sensibilidad al *leaching* también de películas pictóricas que ya habían sido tratadas con anterioridad con disolventes, considerando que estas pequeñas moléculas, estos plastificantes, siguen siendo producidos por el proceso de envejecimiento del mismo aceite. En consecuencia, una película pictórica oleosa sigue siendo sensible a la acción de los disolventes también si ya ha sido sometida al contacto con disolventes en una intervención de limpieza de décadas anteriores. Volveremos más adelante a hablar de esto.

En general se afirmaba que el temple al huevo era un aglutinante tenaz, muy resistente a la acción de los disolventes, por el hecho de ser un material mixto, compuesto de lípidos y proteínas. Pero esta afirmación no parece confirmada: los estudios preliminares realizados indican que también los lípidos presentes en una capa pictórica con aglutinante al huevo son móviles y, en consecuencia, susceptibles de ser eliminados por los disolventes con un mecanismo similar al del *leaching* de las películas pictóricas oleosas.¹⁴

Entonces nos encontramos que tenemos que afrontar el problema del riesgo de interacción de los disolventes con la capa pictórica. Éste puede ser el primer paso de nuestro recorrido de revisión de los procedimientos: seguimos en el ámbito de los disolventes orgánicos con los cuales el restaurador está más familiarizado, pero intentemos utilizarlos de una forma más razonada, teniendo en cuenta su propiedad fundamental, la polaridad. La polaridad es una magnitud relacionada con la estructura química de un compuesto. El agua es el líquido más polar que existe, mientras que los disolventes llamados hidrocarburos (como por ejemplo la bencina, la esencia de petróleo, la ligroina o el éter de petróleo) son los menos polares. A partir de los años 50-60 del siglo XX, la industria de los barnices se enfrentaba por primera vez con el problema de prever la solubilidad de los nuevos materiales sintéticos que empezaban a ser producidos por la recién nacida química de los polímeros: se necesitaba un acercamiento nuevo, sencillo, rápido y reproducible. Así, se elaboraban y proponían modelos que utilizaban valores numéricos (calculables, no directamente medibles) para representar las polaridades de los materiales.

En pocas palabras, el conocimiento de la polaridad permite este simple acercamiento: un líquido de una cierta polaridad puede comportarse como disolvente cuando interactúa con otros materiales sólidos que tienen una polaridad similar. Una interpretación más científica de aquello que ya se decía antiguamente, *similia a similibus solvuntur*, o sea, lo parecido disuelve lo parecido. También nosotros, para afrontar la intervención sobre los bienes artísticos, podemos tomar en préstamo estos modelos. Ya en 1972 Feller sugería un procedimiento de este tipo,¹⁵ procedimiento que, fuera de los países anglosajones, prácticamente no ha encontrado seguidores. Después de haberlo propuesto y utilizado durante algunos años, hemos dado un paso adelante; cuando se ha

conseguido la disponibilidad comercial de disolventes de menor toxicidad respecto al tolueno utilizado en el test de Feller, lo hemos sustituido por un procedimiento similar, pero aún más completo y sencillo.¹⁶ En la práctica, utilizando disolventes volátiles, poco tóxicos (en el caso específico de ligroina, acetona y etanol), preparamos según una "receta" precisa mezclas con una composición constante y, por lo tanto, con una polaridad conocida. Luego estas mezclas son utilizadas directamente sobre la obra, para efectuar pequeñas catas: partiendo de la menos polar, proseguimos hacia la de mayor polaridad hasta encontrar una mezcla (y por tanto, la polaridad mínima necesaria) que disuelva adecuadamente ese material.

Por eso intentamos adoptar un procedimiento controlado: cuando aplicamos un disolvente sobre la superficie de una pintura, para que disuelva un barniz u otro tipo de material (por ejemplo el aglutinante de un repinte que se tiene que retirar), procuramos utilizar la mínima polaridad necesaria para efectuar esa solubilización, con la intención de minimizar las interacciones con la capa pictórica. Se comprende que este acercamiento sea aún más importante a falta de una precisa caracterización analítica de los materiales y su localización estratigráfica, preliminar a la intervención de limpieza (como todavía sucede en la gran mayoría de los casos).

Es evidente que tampoco este procedimiento nos puede garantizar de manera absoluta la ausencia de interacciones desfavorables a la obra de arte, pero es un medio que realmente nos permite minimizarlas, comprender como pueden suceder y, en consecuencia, intentar prevenirlas. Además, la importancia de este procedimiento es que el restaurador mismo es quien la ejecuta, no hay un analista que haga un análisis y luego le proporcione los resultados. De este modo, él consigue combinar los propios conocimientos y el conocimiento que tiene acerca de la composición y la estructura de la obra, con un instrumento que permite trabajar con selectividad sobre el caso específico, llegando de un modo gradual al resultado buscado.

DISOLVENTES GELIFICADOS

Un modo particularmente racional de utilizar los disolventes orgánicos es emplearlos no como líquidos puros, sino en su forma densificada, o como los llamamos comúnmente "en gel".¹⁷ Esto sirve para cualquier líquido, incluso el agua: pasar de la forma fluida del líquido puro a la forma viscosa del líquido gelificado permite disminuir la difusión del líquido sobre la capa en la que lo aplicamos y localizar su acción sobre la superficie. Sobre obras compuestas, como lo es la pintura, realizada en estratos superpuestos, las soluciones gelificadas nos garantizan mayor selectividad de acción: refiriéndonos al fenómeno del *leaching* descrito anteriormente, por ejemplo, es evidente que, si disminuimos la velocidad de difusión del disolvente debajo de la superficie, disminuimos la posibilidad de que penetre en la capa pictórica e interactúe con los componentes del aglutinante orgánico.

Hay determinadas sustancias, que denominamos espesantes, que sirven precisamente a este fin: diluyéndose en un determinado líquido le aumentan su viscosidad. Esto sucede porque dichas sustancias son polímeros, compuestos de moléculas muy grandes —macromoléculas, en términos técnicos— y cuando estas moléculas tienden a "estirarse" en una solución actúan un poco como fibras, volviendo la solución más viscosa.

Cierto es que se tiene que pagar un precio por la ventaja que se consigue. Utilizar un disolvente en forma densificada quiere decir que además del disolvente, más o menos volátil, ahora también aplicamos sobre la superficie un material sólido no volátil: el densificador. Aumenta la posibilidad de dejar un residuo superficial y, por lo tanto, es necesario disponer de un post-tratamiento con el fin de eliminar las partículas sólidas del espesante: en la práctica, lavados con disolventes adecua-

dos en forma libre. Es evidente que la polaridad de estos disolventes de lavado tendrá que ser calibrada con exactitud: tendrán que deshacer los residuos sólidos del densificador, pero sin tener un efecto disolvente directo sobre los materiales superficiales. Hay disponibles varios tipos de densificadores, con características distintas, que nos permiten escoger el tipo más adecuado a la operación a realizar en base al tipo de soporte sobre el que trabajemos.

Particularmente importante en esta clasificación son aquellas soluciones densificadas que llamamos *Solvent Gels*. Introducidos en los años 80 del siglo XX por Richard Wolbers, restaurador y docente en la Universidad de Delaware en Estados Unidos, a quien nos volveremos a referir más adelante, representan alguna cosa más que simples disolventes gelificados con un densificador.¹⁸ De hecho, estas formulaciones están constituidas por la combinación de dos sustancias: un densificador de carácter ácido y un tensioactivo de carácter básico. Cuando los dos componentes, que tienen el nombre comercial de Carbopol® y Ethomeen® respectivamente, se mezclan juntos, se produce una reacción de tipo ácido/base que lleva a la formación de un compuesto de interesantes características: tiene composición densificada y, además, gracias a las propiedades tensioactivas, capacidad emulsionante. Añadiéndole disolventes orgánicos y un poco de agua se consigue un gel muy viscoso, como una mermelada. Más allá de la capacidad del disolvente en forma gelificada, o sea, la acción superficial y la reducida capacidad de penetración bajo la superficie, particularmente marcadas por la gran viscosidad de estos geles, se manifiesta otra actividad importante: la de detergente, unida a la presencia del tensioactivo. No hace falta sorprenderse si un *Solvent Gel* funciona incluso allí donde los simples disolventes no funcionarían; o mejor dicho, si un disolvente en forma de *Solvent Gel* funciona donde no lo haría solo, en forma de disolvente libre. Esto se debe precisamente a la combinación del poder disolvente con la capacidad detergente.

Desde el punto de vista operativo, la gran ventaja que deriva del uso de los *Solvent Gels* es precisamente ésta: para solubilizar un material nos puede servir un disolvente menos polar en gel que si utilizamos un simple disolvente. Como se ha explicado anteriormente, la precaución de reducir la polaridad es sin duda útil para disminuir la posibilidad de interacciones con los materiales constitutivos. A fines prácticos, es importante también otra característica de estos geles: la fuerte viscosidad, capaz de reprimir eficazmente la penetración bajo la superficie, se traduce en una acción de solubilización más gradual y graduable.

Un equipo de investigadores coordinado por el mismo Wolbers y desde el *Getty Conservation Institute* (GCI) californiano, han realizado estudios muy detallados para medir con una técnica muy sofisticada, la radioactividad del marcador isotópico con ¹⁴C, la cantidad de residuos que permanecen sobre una superficie pictórica tratada con un *Solvent Gel*.¹⁹ Los resultados obtenidos testimonian la validez de estas formulaciones. Considerando tanto la radioactividad extraída por los hisopos de limpieza, como aquella que permanecía sobre la obra al término del proceso, se ha podido determinar que la cantidad de residuos era realmente baja: pocas decenas de microgramos por centímetro cuadrado de superficie. No contentos con este resultado, los autores del estudio se propusieron ir más lejos intentando comprender, a través de pruebas de envejecimiento artificial, qué sucedía con el tiempo a estos potenciales residuos. De hecho, aún más importante que conocer totalmente cuanto residuo se deja, es determinar si este residuo es estable, si se degrada, y si puede interactuar con los materiales constitutivos. Pues bien, también en este caso los estudios han dado respuestas muy reconfortantes: los residuos de los *Solvent Gels* se demuestran inertes, y se degradan sin crear interferencias. En conclusión, estas formulaciones han sido pensadas para intentar minimizar la cantidad de residuos y, en efecto, así se comportan en la realidad.

LOS MÉTODOS ACUOSOS

El agua es el disolvente por excelencia de los materiales de carácter marcadamente hidrófilo, principalmente las proteínas (como las colas animales) y los polisacáridos (como las gomas vegetales), materiales que tienen un uso antíguísimo tanto como constituyentes de la obra de arte como materiales de restauración.

A parte de esto, el agua puede ser vista no sólo como un disolvente, sino como un verdadero reactivo químico: podemos modificar fácilmente ciertas de sus características, para conseguir que en ella se vuelvan solubles (o al menos que se hinchen, y por lo tanto puedan extraerse luego mecánicamente), sustancias que de lo contrario no serían hidrosolubles.

Precisamente:

- Actuando sobre el pH, modificándolo en sentido ácido o básico, conseguimos un ambiente acuoso con capacidad de acción sobre materiales básicos o ácidos respectivamente (por ejemplo, los barnices envejecidos, vuelven ácidos por fenómenos de oxidación).
- Con los tensioactivos extendemos enormemente el campo de acción del medio acuoso a materiales que, por su naturaleza hidrófoba, tenderían a ser completamente incompatibles con el agua; la capacidad emulsionante permite de hecho la acción en combinación con óleos, grasas o ceras.
- Con los quelantes ponemos el ambiente acuoso en condiciones de actuar sobre compuestos que de lo contrario serían insolubles, con la condición de que estos contengan iones metálicos: por ejemplo, sales insolubles como el sulfato cálcico (el yeso común) y el carbonato cálcico, o ciertas sales (sales de ácidos grasos), la presencia de los cuales se manifiesta sobre la superficie de las pinturas como veladuras blanquecinas opacas.
- Con las enzimas, finalmente, transformamos el ambiente acuoso en una verdadera "máquina hidrolítica", capaz de fragmentar materiales devenidos tenaces por reacciones de polimerización o reticulación asociadas al envejecimiento.

Si a este amplio espectro de simples posibilidades operativas le añadimos el hecho de la intrínseca ausencia de toxicidad en el ambiente acuoso, nos damos cuenta de la importancia de estas metodologías.

Ciertos materiales o capas enteras de una pintura pueden ser sensibles al agua: los soportes celulósicos pueden sufrir alteraciones de forma y dimensión, las preparaciones a base de yeso y cola pueden hincharse. Así pues, no podemos dar por supuesto que la obra sea compatible con un tratamiento acuoso antes de haber verificado con pequeñas pruebas la ausencia de contraindicaciones. Es necesario, pues, reconocer que la aportación de agua en algunos tratamientos puede ser realmente mínima, siendo casi un tratamiento de humidificación más que de verdadera agua. También en este caso es útil la precaución de utilizar soluciones acuosas en forma gelificada más que como líquidos libres: a menudo, en estas condiciones, se consigue efectuar el tratamiento de superficies que de lo contrario serían sensibles a cantidades mayores de agua en forma libre.

Hasta ahora, estos "procesos acuosos" han sido considerados en un sentido complementario a los métodos más tradicionales; pero ahora los tiempos están suficientemente maduros para un cambio, y sería deseable un nuevo paso adelante: los métodos acuosos podrían convertirse de pleno derecho en sustitutivos de los métodos tradicionales, donde éstos últimos sean demasiado tóxicos o poco selectivos. Para que esto pueda suceder debe haber unidad entre todas las figuras profesionales que gravitan entorno a la obra de arte y la restauración: el historiador de arte que dirige las labores, el restaurador mismo, la figura científica

llamada a valorar la idoneidad y eficacia del proceso, el suministrador de materiales que facilita al restaurador el producto final, o simplemente ciertas materias primas necesarias para prepararlos. De hecho, es evidente que un acercamiento de este tipo comportaría inevitablemente tenerse que enfrentar a una reconsideración de la operación misma de limpieza, y de lo que es racional y realista afrontar en esta operación: si un cierto objetivo (por ejemplo la extracción de repintes tenaces) no puede ser conseguido utilizando los métodos acuosos, no será realizada esta operación. Inevitablemente tendremos que llegar a esta meta, antes o después, cuando ya no será permitido el uso de ciertos disolventes: ¿por qué entonces no anticipar los tiempos, y plantearlo ya desde ahora en lugar de esperar que nos venga impuesto?

Es necesario reconocer que, en general, los tratamientos acuosos de limpieza atemorizan un poco al restaurador tradicional, acostumbrado al uso de disolventes orgánicos. Este temor, como hemos dicho, es sólo justificable en parte: de hecho, la eventual incompatibilidad de la obra con el agua se puede diagnosticar con precisión antes de iniciar el tratamiento. En segundo lugar, sabemos que, a pesar de lo que se pueda pensar instintivamente, el agua no es un líquido que sea retenido fuertemente en los estratos de la obra: después de cuatro o cinco horas de la aplicación sobre la superficie de una pintura, el agua se ha evaporado completamente;²⁰ un tiempo comparable, por ejemplo, al de la simple esencia de petróleo. Además, con la precaución operativa de gelificar la solución acuosa, penetra menos agua al interior de los sustratos. En definitiva, se ha demostrado que el agua, a diferencia de los disolventes orgánicos, aún penetrando en el interior de una película oleosa, no tiene la capacidad de diluir y extraer las "pequeñas moléculas" que componen la capa, produciendo así el fenómeno del *leaching* que hemos descrito anteriormente.²¹ De este modo, una capa oleosa tratada con agua no se transforma en más rígida y frágil después del tratamiento, como sí sucede en el caso de los disolventes orgánicos.

Seguramente, más allá de cada una de las formulaciones específicas propuestas, precisamente el llamado "método acuoso" propuesto por Richard Wolbers ha representado una pequeña revolución en el mundo tradicional de la restauración: valiéndose de su experiencia en el sector de la bioquímica, ha demostrado que el agua puede ser utilizada en condiciones de seguridad tanto como un simple disolvente o como medio de reacciones químicas. En general se pensaba que los métodos acuosos eran adecuados solamente para operaciones suaves, superficiales, como la eliminación de la suciedad de depósito, o de ciertos materiales fácilmente hidrosolubles. Pero en realidad nos ofrecen un panorama de acción muy amplio y, en ciertos casos (es el caso, por ejemplo, de las enzimas), actúan donde ni los disolventes comunes ni las sustancias alcalinas conseguirían ser eficaces.

Veamos ahora, brevemente, algunas características de varios métodos. Pensemos en estas distintas sustancias como "principios activos" que, añadidas al agua, producen soluciones adecuadas para realizar un rol preciso.

LOS ÁCIDOS Y LAS BASES

En general son más útiles las bases, porque son más activas que los ácidos y la mayor parte de los materiales orgánicos, oxidándose durante el envejecimiento volviéndose ácidos. Son pues activas sobre las resinas naturales, colas animales, óleos envejecidos y algunas sustancias sintéticas. En cambio, las únicas sustancias orgánicas sensibles a la acidez son las proteínas, para las cuales los ácidos pueden funcionar (como las colas animales).

En el caso de los disolventes, como se explica anteriormente, utilizamos el control de la polaridad como medida preventiva para limitar la interacción con la capa pictórica. Para los ácidos y las bases, sustancias

intrínsecamente aún menos selectivas que los disolventes, el factor crítico a controlar es el valor de pH (un parámetro numérico que se refiere a la acidez o a la basicidad de una solución acuosa). La condición de seguridad es intentar mantenerse en el intervalo 5-9;²² a pH menor de 5 (demasiado ácido) o mayor de 9 (demasiado alcalino) se pueden dar condiciones de riesgo para muchos materiales: los aglutinantes orgánicos oleosos y proteicos pueden hidrolizarse, cargas inertes como el yeso y el carbonato cálcico pueden solubilizarse, numerosos pigmentos pueden sufrir alteraciones estructurales y cromáticas.

Diluir simplemente con agua una solución ácida o básica hasta conseguir el valor de pH deseado no es suficiente para garantizar el resultado: aún si se consigue llegar al valor deseado, no hay nada que asegure la constancia en el tiempo. Entonces conviene recurrir a las sustancias tampón, o *buffers*, sales particulares que cuando se mezclan con un ácido o a una base logran dos efectos: producen un preciso valor de pH y lo mantienen constante en el tiempo.

Recordemos que la mayoría de los materiales sobre los cuales tenemos que actuar son ácidos: algunos lo son ya de origen, cuando se aplican; otros se vuelven ácidos o, en cualquier caso, aumentan la propia acidez durante el envejecimiento. Las bases que usamos para remover estos materiales actúan precisamente gracias a una reacción ácido/base o de neutralización: esto significa que, a nivel práctico, la base pierde la propia eficacia al mismo tiempo que neutraliza el ácido. Se da cuenta de este fenómeno el restaurador que utiliza soluciones amoniacales para eliminar un barniz oxidado: muy veloz al inicio, la acción parece reducirse progresivamente, con el riesgo de producir un resultado discontinuo. Si, en lugar de esto, utilizamos una solución básica tamponada, por ejemplo el tampón amónico en lugar del simple amoníaco, la acción es constante porque el pH de la solución se mantiene constante ("tamponado" independientemente de la acidez del material con el que está en contacto).

LOS TENSIOACTIVOS

Son sustancias definidas por una precisa característica estructural: sus moléculas poseen una parte hidrófila, afín al agua, y una hidrófoba, hidrorrepelente. De este modo, estas moléculas consiguen promover la interacción del agua con sustancias que, de otro modo, serían absolutamente "extrañas" a ella. Pensamos en las sustancias que definimos como "grasas": óleos, resinas, hidrocarburos, etc. Esta capacidad puede ser aprovechada para tres acciones diversas:

1- Conseguir bañar eficazmente con una solución acuosa una superficie grasa, oleosa o hidrorrepelente en general (como una cera); en este caso son suficientes pequeñísimas cantidades de tensioactivo en agua.

2- Emulsionar en agua líquidos que no son hidrosolubles (típicamente disolventes orgánicos como los hidrocarburos, esencia de petróleo, trementina, benzina, etc.). Según la necesidad se pueden preparar emulsiones grasas (poca agua en relación con el disolvente) para hacer llegar el agua sobre una superficie sensible al agua, o magras (poco disolvente en relación con el agua) para tratar superficies sensibles a los disolventes.

3- Limpiar una superficie, es decir, remover material que no sería soluble simplemente en agua.

La capacidad de emulsionar y limpiar requiere que haya presente una cierta cantidad de tensioactivo, de manera que sus moléculas se agrupen entre ellas para formar unas estructuras conocidas como micelas: estas micelas tienen la capacidad de englobar gotitas de líquido (emulsión) o partículas de sólido (suspensión detergente) que no serían solubles en agua.

Recordemos además, que la limpieza no necesariamente tiene que darse en un ambiente acuoso: de hecho es posible, igual que con la "limpieza en seco" de ropa, utilizar tensioactivos adecuados en disolventes apolares, evitando así la aportación de agua.

Las emulsiones abren infinitas posibilidades operativas: combinando entre ellas el poder de disolución de los disolventes orgánicos con el medio acuoso (que puede contener ácidos, bases, quelantes, etc.) pueden, además, resolver casos complejos, como la eliminación de estratos compuestos, en los cuales por ejemplo esté presente un material hidrófilo y otro con características opuestas.

Específicamente para la intervención de barnices de resinas naturales, los barnices más comunes que encontramos sobre pinturas muebles, Richard Wolbers elaboró dos preparaciones acuosas gelificadas que contienen tensioactivos aniónicos, es decir, jabones: el llamado *Resin Soap* y el *Bile Acid Soap*.²³ Las moléculas de estos jabones son compuestas, respectivamente, de ácido abiético, un componente de la resina colofonia, y el ácido dextrínico, un componente de la bilis, los cuales son estructuralmente similares a aquellas sustancias terpénicas que constituyen los barnices de resinas naturales tradicionalmente usados para pinturas y otras obras, principalmente las resinas almáciga y damar. Este "parecido estructural" se traduce en el hecho de que el jabón consigue tener una acción específica con el material al que es estructuralmente afín. Por lo tanto, estos *Soaps* son capaces de actuar en condiciones "blandas" (ambiente acuoso, pH moderadamente alcalino) sobre un barniz de resinas naturales, con una acción fácilmente graduable.

La causa de esta capacidad de graduación es fácilmente razonable: si utilizamos un disolvente para disolver una capa resinosa, como sabemos, el disolvente se dispersa por la capa, la hincha y luego, si tiene la polaridad justa, empieza a disolverlo. Pero al hacerlo actúa indistintamente sobre todo el grosor de la capa, precisamente porque ha penetrado en ella. Pero, si en vez de esto, utilizamos un gel acuoso que contenga un tensioactivo, la acción sobre el material se realiza en el punto de contacto entre el gel y el estrato de material, y es una acción sustancialmente progresiva del exterior al interior del estrato. Es más fácil, entonces, que en estas condiciones se consiga "adelgazar" la capa más bien que no eliminarla completamente.

Importando, por así decirlo, estas metodologías de Estados Unidos, donde se habían utilizado hasta el momento sobre pinturas caracterizadas por un envejecimiento más bien reducido (uno o dos siglos como máximo) mi curiosidad hace diez años era precisamente ésta: ¿habrían funcionado también sobre la diversa combinación de materiales y sobre el envejecimiento considerablemente mayor de algunas de nuestras obras? Precisamente en estos años el *Resin Soap* y el *Bile Acid Soap* han ofrecido, en respuesta a esta pregunta, una extraordinaria serie de casos resueltos de manera selectiva, empezando por la ya mencionada cruz policromada de Guglielmo.²⁴

LOS QUELANTES

También llamados complejantes o secuestrantes, son sustancias caracterizadas por una particular estructura de sus moléculas: la presencia de quelados, o sea, cadenas flexibles con átomos que tienen dos electrones disponibles (como el oxígeno y el nitrógeno) o mejor aún, cargas negativas en las extremidades (como sucede en los grupos carboxilos).²⁵ Esta disponibilidad de electrones, o de cargas negativas, ofrece la capacidad de unirse a ciertos iones metálicos, principalmente bi- y tri-valentes, cambiándoles así sus propiedades. En general pueden ser utilizados para las siguientes operaciones:

- En la limpieza superficial, para extraer eficazmente la suciedad de depósito.

- Como desincrustantes, para disolver sales poco solubles (como el yeso) o insolubles (como la cal, o sea, el carbonato cálcico).
- Para disolver materiales complejos como las proteínas (las moléculas de las cuales se encuentran siempre asociadas a iones metálicos que estabilizan su estructura).
- Para eliminar pátinas de corrosión sobre metales, manchas de herrumbre en la piedra, etc.
- Para extraer purpurinas (que contienen polvo metálico) o estratos pigmentados (donde los pigmentos son óxidos o sales de metales).

Las dos sustancias más comunes son el ácido cítrico y el ácido etilendiamintetraacético, llamado EDTA. Las sales de estas sustancias (en el caso del EDTA monosódico, bisódico, trisódico y tetrasódico; citrato sódico y citrato amónico) tienen mejor solubilidad y actividad quelante, y son de hecho las sustancias utilizadas.

Comúnmente, los quelantes han sido utilizados en la restauración de materiales lapídeos, por su acción desincrustante. El uso sobre pinturas, iniciado algunos años atrás, puede ser considerado entre los "nuevos métodos".²⁶ La utilidad de estas sustancias es notable, como describiremos mejor más adelante, al referirnos a la limpieza superficial.

LAS ENZIMAS

Finalmente, también las enzimas pueden ser utilizadas eficazmente en operaciones tanto de limpieza de la imagen como en operaciones estructurales (como por ejemplo la eliminación de adhesivos y residuos de colas de entelado, etc.).²⁷

Las enzimas son proteínas con actividad catalizadora, por lo tanto pueden acelerar reacciones químicas de conversión de un sustrato; reacciones que, de otra manera, no sucederían.²⁸

Se trata de reactivos específicos, muy selectivos, que tienen la capacidad de "reconocer" materiales. Este "reconocimiento estructural" se basa en el hecho de que una parte de la enzima, el llamado "centro activo", tiene una forma sólo compatible con una precisa estructura del sustrato: comúnmente este mecanismo se explica con la analogía "llave-cerradura". Una vez reconocido un sustrato, la enzima puede catalizar la transformación de millares de moléculas, con extremada eficiencia.

A nivel práctico, en la restauración nos limitamos a utilizar las llamadas enzimas hidrolíticas o hidrolasas: hidrolizando, o sea separando, materiales complejos, en general macromoleculares, poco solubles, y formando fragmentos más pequeños, más fácilmente solubles en agua. Amilasa, proteasa y esterasa son, en general, utilizados para hidrolizar, respectivamente:

- Almidón y materiales amiláceos (harinas);
- Proteínas (colas y gelatinas animales y de pescado, albúmina, caseína);
- Simples esterés (cera, lípidos, ciertas resinas sintéticas) o, en el subgrupo de los lípidos, los triglicéridos (aceites secativos).

Respecto al uso de las enzimas que se hace en un laboratorio biológico (en condiciones homogéneas, o sea, con la enzima y el sustrato ambos disueltos en medio acuoso), en la restauración las condiciones son más difíciles (heterogéneas, o sea, con la enzima disuelta en medio acuoso y aplicada sobre el sustrato como material sólido); por esto la reacción encimática puede resultar difícil y lenta, o incluso ser imposible. Numerosas sustancias que pueden comportarse como inhibidores enzimáticos pueden además estar presentes sobre la superficie de la obra a tratar: en consecuencia, actualmente, el uso de enzimas sobre las pinturas, si no está acompañado de una caracterización analítica precisa, queda a expensas de un cierto componente de incógnita.

Esta afirmación no quiere infravalorar en absoluto la importancia de estos reactivos: como demuestra la experiencia adquirida, en situaciones difíciles, cuando se trata de eliminar materiales tenaces, muy envejecidos, difícilmente solubles, o bien extraíbles solo con el uso de métodos muy agresivos y tóxicos, las hidrólisis pueden resolver el problema con selectividad y eficacia, incluso en condiciones acuosas muy suaves.²⁹ Simplemente se tiene que subrayar que, para poder aprovechar realmente las extraordinarias posibilidades que ofrecen las enzimas, es necesario realizar aún algunos estudios aplicativos específicos. Muchas de las informaciones que hoy utilizamos para prever la actividad de las enzimas, por ejemplo, son tomadas en préstamo del sector biológico o bioquímico, donde la acción enzimática se desarrolla en condiciones completamente distintas respecto al uso en restauración. Tenemos que completar y mejorar estas informaciones, extrayéndolas de estudios realizados específicamente sobre bienes artísticos.

LA SURFACE CLEANING

En los países anglosajones este término, referido a las pinturas "muebles", indica una operación muy precisa: la simple extracción, realizada con métodos acuosos, del material de depósito de la superficie de una pintura, sin afectar el barniz protector.³⁰ En general, en nuestro país se presta menos atención a esta fase, tendiendo a englobarla en una operación más profunda: el aligeramiento o la extracción parcial o total del barniz.

Estamos profundamente convencidos de que esta operación tendría que ser, por el contrario, ejecutada como primera intervención de limpieza, para valorar después, en cada caso, si es necesario proceder más allá y actuar sobre el barniz. Aunque luego se decida continuar la limpieza más en profundidad, este primer tratamiento superficial tendría sentido igualmente: de hecho sirve para eliminar material extraño a la obra, depositado sobre ella, y por lo tanto con características bien distintas de aquellas de los materiales constituyentes del verdadero barniz. Es un tipo de material de solubilidad no específica en disolventes orgánicos: si lo dejamos, y llegamos a actuar sobre el barniz con disolventes, empezando por ejemplo a ejecutar el test de solubilidad, este material complica la comprensión de los resultados, porque permanece como residuo con el mismo color sobre todos los hisopos de limpieza, impidiendo una lectura clara de los materiales que se eliminan con los disolventes, de su color y de su eventual fluorescencia.

Efectuar la limpieza superficial con una solución acuosa que contenga tensioactivos o quelantes a un pH ligeramente ácido, entorno del 6, es garantía de no solubilizar o hinchar los barnices compuestos por resinas naturales: de hecho estas resinas, a consecuencia de fenómenos de oxidación, se vuelven ácidas, y por lo tanto comienzan a ionizarse de un pH 7 hacia arriba, hasta llegar a ser solubles, mientras que a un pH por debajo de 7 son presentes en forma no ionizada.

Ésta es una extraordinaria posibilidad que el sistema acuoso nos ofrece: podemos limitar a "limpiar" un barniz, sin hincharlo o disolverlo. Los resultados pueden ser verdaderamente sorprendentes: no es extraño llegar a la conclusión de que el amarilleamiento del estrato de barniz no es tan grave, y se puede conservar tal como se encuentra después de esta limpieza.

Es muy evidente que este sistema puede ahorrar eliminaciones inútiles de barniz. Por lo tanto tenemos la obligación de considerar este nivel de limpieza: el restaurador tiene la obligación de efectuarlo, el historiador del arte y el inspector que siguen el trabajo tienen la obligación de valorar si este resultado es válido y aceptable, si conlleva una suficiente mejora en la legibilidad de la imagen, antes de proceder a actuar sobre el verdadero barniz.

Restauración de pintura y escultura

Queremos subrayar que no es tanto una cuestión de barniz "original" o no, o de más o menos viejo: sea como sea, poder conservar ese barniz expondrá una vez menos la superficie pictórica al contacto con los disolventes. En un panorama de intervenciones cíclicas, esta perspectiva no puede menos que ser saludada con gran fervor.

NO SÓLO LIMPIEZA...

Al inicio hemos aludido a la recomendación de considerar la limpieza no como una operación aislada en sí misma, sino como perteneciente a un proyecto global de restauración de la obra en cuestión. Como conclusión de este escrito queremos reanudar este tema, para unirlo con otra operación típica de la restauración de las pinturas muebles.

Aún hoy en nuestro país, las resinas naturales son los materiales más frecuentemente utilizados para la preparación de barnices finales: barnices que, más allá del uso que pueda hacer el artista para terminar las propias obras, son aplicados como protección de la superficie pictórica de las pinturas al término de la intervención de restauración. Se trata de materiales conocidos y utilizados desde la antigüedad, y aún presentes en el equipamiento del restaurador moderno, principalmente las dos resinas almáciga y damar; ¿son realmente adecuadas —nos preguntamos— para la función que tienen que desempeñar?

En ciertos ambientes de restauración hay una intensa defensa de estos materiales, hasta el punto que posibles alternativas no se toman ni en consideración: quizás para las pinturas modernas o contemporáneas se puede pensar, pero para pinturas antiguas... ¡parece casi una profanación! "Ciertamente, tendrán sus defectos —es el argumento más común— pero tenemos la garantía del hecho que estas resinas están en uso desde hace cientos de años; si han permitido a las pinturas llegar hasta a nosotros quiere decir que han funcionado, no pueden haber hecho un daño tan grande. ¿De los materiales sintéticos, qué sabemos? Los conocemos desde hace solo treinta años, cuarenta, como mucho cincuenta; ¿qué garantía de duración podemos tener a lo largo del tiempo?"

Un discurso desencaminado que desgraciadamente oímos también a propósito de otras operaciones y otros materiales en restauración de bienes artísticos. Las resinas naturales están compuestas por hidrocarburos terpénicos, moléculas fácilmente susceptibles a procesos de oxidación:³¹ en primer lugar fotooxidación, principalmente a causa del componente ultravioleta de la luz, pero también oxidación térmica o por acción de los contaminantes atmosféricos. La oxidación tiene, en general, tres consecuencias: aumento de la polaridad del material, aumento de la acidez, aparición o aumento de la coloración. Éste es un fenómeno general, que sirve para muchas moléculas orgánicas,³² pero aquí nos limitaremos a considerarlo para las resinas naturales terpénicas. En pocos años, como mucho algunas décadas, los barnices compuestos por estas resinas sufren estos cambios. La oxidación puede en parte polimerizar el material, convirtiendo el estrato más frágil. Pero la alteración de tipo óptico cromático, el amarilleo del barniz, y en algunos casos la opacidad que sufre, es particularmente grave: aunque, desde el punto de vista estructural el aumento de acidez sería un problema más grave, en realidad el amarilleo es la alteración que preocupa porque modifica el aspecto de la imagen, interfiere con la legibilidad de la imagen.

"No hay problema" —es la respuesta tradicional—. "El barniz se pone precisamente como capa de sacrificio, para que se oxide en lugar de la capa pictórica. Cuando se oxida y amarillea la retiramos y aplicamos una nueva". Pero el hecho de que la resina se haya vuelto mucho más polar nos obliga a utilizar disolventes muy polares o incluso, si se ha vuelto muy ácida, soluciones alcalinas. También la capa pictórica, entonces, corre el riesgo de ser "sacrificada" en estas condiciones... Sobre todo porque esta intervención se repite cíclicamente.

Basándonos en estas informaciones, resulta muy difícil justificar que se continúe recurriendo a estos materiales. Sobre todo porque vemos, en la experiencia cotidiana, qué difícil es luego hacer aceptar un barniz amarillento: al historiador de arte, al cliente, al propietario de la obra, al anticuario, y podría seguir... ¡Cuántas limpiezas se realizan sólo para eliminar el amarilleo de un barniz! A nuestro modo de ver, aplicar un barniz de resinas naturales a una pintura, al terminar una intervención de restauración, equivale a condenar inevitablemente la obra a una nueva limpieza (entendida como eliminación del barniz) al cabo de veinte o treinta años. Y viceversa, veremos muy favorablemente el uso de materiales más estables, que pudieran garantizar una mayor duración de la capa. Gran parte del trabajo de estos últimos veinte años se ha centrado en este tema, que a fin de cuentas es fundamental en una óptica de prevención del daño más que de recurrir a una intervención cuando el daño ya se ha producido. Señalamos sólo las referencias bibliográficas de algunos de los numerosos estudios que se han publicado en estos últimos treinta años.³³ Podemos decir que en el caso de las pinturas muebles este ha sido el campo en el que se han estudiado materiales específicos, precisamente en función de las exigencias de la obra artística. ¿Por qué no considerarlos entonces con la mente libre de prejuicios? Ahora, gracias a la iniciativa de algunos proveedores de productos de restauración, estos materiales están por fin disponibles también en nuestro país, ¡y deseamos que realmente consigan romper el tabú/monopolio de las resinas naturales!

Pero aún hay más. Las resinas naturales, vista su compleja estructura química de mezclas de compuestos de derivación natural, resultan perfectamente solubles solamente en disolventes de características similares: precisamente hidrocarburos terpénicos, como la esencia de trementina. La aplicación de tales barnices se da en estas condiciones, con la resina almáciga o damar disuelta en estos disolventes. Las características físico-químicas de la esencia de trementina son peligrosas para la integridad estructural de la obra: la lenta evaporación, aprovechada precisamente para "construir" lentamente la capa de barniz, hace que el disolvente tenga una larga permanencia dentro de los estratos,³⁴ y en consecuencia, la capa de barniz puede de hecho funcionar como una compresa, causando el fenómeno del *leaching* de una película pictórica oleosa, como se ha demostrado recientemente.³⁵ Es realmente difícil aceptar la idea de que la operación que efectuamos al término del proceso de restauración, operación que a fin de cuentas tendría que servir sólo para aplicar un "protector", pueda en realidad ser tan invasiva para la obra. Algunas resinas sintéticas a las que nos referíamos anteriormente, son solubles en disolventes volátiles y a bajísima polaridad (lo que quiere decir, incapaces de causar el fenómeno del *leaching*) como el éter de petróleo, cosa que nos garantizaría la ausencia de interacciones tan fuertes con la capa pictórica.

Para concluir quiero recordar que las enseñanzas de Vishwa Raj Mehra,³⁶ investigador que ha dedicado treinta años de su vida a buscar los materiales y las metodologías adecuadas para llevar a cabo intervenciones de restauración, con el objetivo de "minimizar" el riesgo sobre el bien artístico, nos han hecho entender este nuevo enfoque, que se podría aplicar al caso apenas descrito de las resinas naturales. Por simplicidad tendemos a hacer categorías: para afrontar una cierta operación se usa un determinado material (en el caso comentado, para hacer barnices se utilizan resinas naturales). El material escogido nos obliga a utilizar un cierto procedimiento de aplicación (en el caso comentado, nos obliga a usar la esencia de trementina), procedimiento que puede no ser compatible con la obra. Tenemos que tomar el enfoque opuesto: partiendo de la obra, comprender cuáles son sus exigencias, y encontrar después cuál es el material más compatible con estas exigencias.

FOTOGRAFÍAS

1. Una metodología más "científica" para utilizar los disolventes orgánicos: con mezclas a polaridad creciente (expresada por el valor del parámetro de solubilidad Fd) se determina la mínima polaridad necesaria para la solubilización de un material, en este caso el barniz de una pintura. A la izquierda, la acción de la mezcla elegida se extiende a una zona más amplia (Fotografías: Paolo Cremonesi).

2. El control de la viscosidad de los disolventes, mediante la gelificación, para localizar la acción y disminuir la difusión bajo la superficie. Gel a viscosidad: (a) media, con hidroxipropilcelulosa; (b) alta, con ácido poliacrílico; (c) altísima, con agar-agar (Fotografía: Paolo Cremonesi).

3. El simple alcohol etílico consigue eficacia en la solubilización de los materiales (concretamente un espeso estrato de esmalte sobre la policromía de una pintura sobre tabla), que de otra forma requeriría un típico decapante comercial a base de diclorometano, fuertemente tóxico (Fotografía: Paolo Cremonesi).

4. Un "gel rígido" compuesto por simple agua desionizada gelificada con agar-agar, puede ser un medio eficaz de humidificación controlada, gracias a la fuerte viscosidad y a la consiguiente lenta y localizada penetración del agua. En este caso una veladura protectora con cola, que necesita agua para la eliminación, se encuentra en una superficie pictórica incompatible con el agua. (a) Un "trocito" de gel es aplicado en una zona de la veladura. (b) En breve tiempo la veladura puede ser selectivamente eliminada sin interferir con el estrato subyacente (Fotografías: Paolo Cremonesi).

5. Metopa policromada de un artesonado de madera recubierto de repintes de cal. La policromía al temple, sensible al agua, sólo permite una acción de remoción mecánica con bisturí. (a) Una solución que-lante (citrato) en gel puede llegar a deshacer el estrato superpuesto, limitando el aporte de agua; (b) la acción es uniforme, en comparación con la mecánica (arriba), que deja muchos residuos y una superficie aún más sensible (Fotografías: Paolo Cremonesi).

6. Una emulsión grasa representa otro modo de llevar agua de manera segura sobre una superficie sensible al agua, para solubilizar materiales hidrosolubles. (a) La emulsión cremosa es preparada dispersando poca agua en un hidrocarburo hidrófobo, gracias a un tensioactivo. (b) La aplicación sobre un pan de oro, para la eliminación de una pátina de cola mezclada con suciedad superficial (Fotografías: Paolo Cremonesi).

7. La "limpieza superficial" del barniz de una pintura, gracias a la acción específica de tensioactivos y quelantes para la extracción de suciedad de depósito, nos da un primer nivel de "limpieza" que, si se considera aceptable (en términos de "restitución" de la imagen subyacente), permite evitar la eliminación del barniz, ahorrando a la pelucula pictórica una interacción con disolventes o álcalis (Fotografía: Paolo Cremonesi).

8. Limpieza superficial de una pintura utilizando la "saliva sintética", una solución acuosa muy diluida que imita la acción de la saliva natural; los dos componentes, el citrato y la mucina (una proteína de origen natural), contribuyen a la acción del agua con su actividad quelante y tensioactiva/detergente, respectivamente (Fotografía: Paolo Cremonesi).

9. Tratamiento enzimático para la extracción de colas animales de la superficie de una pintura mural. (a) Empaste de tejido de celulosa impregnado de una solución de una proteasa microbica, a la derecha,

y la simple solución acuosa tamponada, a la izquierda. (b) Levantamiento de los tejidos diez minutos después. (c) Lavados acuosos para remover la cola licuada por la enzima. (d) Como prueba de la acción específica, en la superficie seca es perfectamente visible el detalle de la solución enzimática (a la derecha), pero no es perceptible la simple solución acuosa (a la izquierda) [Fotografías: Paolo Cremonesi].

NOTAS

¹ Este artículo ha sido traducido del italiano al castellano por Maria Veronica Natoli y Aleix Barberà Giné, estudiantes de segundo curso de Conservación y Restauración de Escultura de la ESCRBC.

² Publicación interna del *Laboratorio Regionale di Restauro. Formazione ed Evoluzione. Regione Liguria*, 2005.

³ Léase el artículo que ha originado el debate, J. BECK, "Leggibilità e restauro", *Kermes*, 43 (2001), p. 11-12 y la controversia que le sigue en números sucesivos de la misma revista.

⁴ La primera edición del Congreso Internacional *Colore e Conservazione - Materiali e Metodi nel Restauro delle Opere Policrome Mobili*, organizada por el Cesmar7 en colaboración con la editorial Il Prato y EnAIP Veneto, realizada en Piazzola sul Brenta el 25-26 de octubre de 2002, que estuvo dedicada a *Materiali Tradizionali ed Innovativi nella Pulitura dei Dipinti e delle Opere Policrome Mobili*.

⁵ M. CIATTI, "Teoria e Prassi nelle Esperienze di Pulitura all'OPD", *Metodi Tradizionali ed Innovativi nella Pulitura dei Dipinti e delle Opere Policrome Mobili. Atti del Convegno di Piazzola sul Brenta, 25-26 Ottobre 2002*, Padua: Il Prato, 2003, p. 39.

⁶ G. BONSANTI, "Storia ed Etica della Pulitura", *Ibidem*, p. 14-15.

⁷ P. CREMONESI, "Un Approccio alla Pulitura", *Ibidem*, p. 59-63.

⁸ El debate relacionado con el tema de "mínima intervención" fue tratado en la segunda edición del Congreso Internacional *Colore e Conservazione - Materiali e Metodi nel Restauro delle Opere Policrome Mobili*, organizado por el Cesmar7 con la colaboración de la editorial Il Prato y la *Confartigianato-Associazione Artigiani della Provincia di Vicenza*, realizado en Tiente el 29-30 de octubre de 2004. La conferencia fue dedicada al tema *Minimo Intervento Conservativo nel Restauro dei Dipinti*.

⁹ Ver *Niosh Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S.*; Washington D.C.: Department of Health and Human Services, 1997; F. OOTOGALLI PERRINO, R. MARCHI, *Patologie da solventi per gli addetti al restauro*, Padua: Il Prato, 1999 (I Talenti- Metodologie, tecniche e formazione nel mondo del restauro, 3); P. CREMONESI, "La sicurezza nell'utilizzo dei solventi organici", *Atti del Convegno "Salute e sicurezza nel laboratorio di restauro"*, 30 Novembre 1999, Villa Angeli-Ferretti, Dolo, 2001, p. 13-23 (Quaderni di Progetto Restauro, 3).

¹⁰ A. BURNSTOCK, T. LEARNER, "Changes in the surface characteristics of artificially aged mastic varnishes after cleaning using alkaline reagents", *Studies in conservation*, 37 (1992), p. 165-184.

¹¹ Ver R.L. FELLER, N. STOLOW, E.H. JONES, *On Picture Varnishes and Their Solvents*, Washington D.C.: National Gallery of Art, 1985; G. HEDLEY, M. ODLYHA, A. BURNSTOCK, J. TILLINGHAST, C. HUSBAND, "A Study of the Mechanical and Surface Properties of Oil Paint Films Treated with Organic Solvents and Water", *Cleaning, Retouching and Coatings. Technology and Practice for Easel Paintings and Polychrome Sculpture. Preprints of the Contributions to the Brussels Congress*, Londres: IIC, 1990, p. 98-105; A. PHENIX, K. SUTHERLAND, "The cleaning of paintings: effects of organic solvents on oil paint films",

Reviews in Conservation, 2 (2001), p. 47-60; K.R. SUTHERLAND, *Solvent Extractable Components of Oil Paint Films*, MOLART Report Series n. 3, Amsterdam: FOM Institute for Atomic and Molecular Physics, 2001.

¹² Ver A. KARPOWICZ, "Ageing and deterioration of proteinaceous media", *Studies in Conservation*, 26 (1981), p. 153-160; A. PHENIX, "The composition and chemistry of eggs and egg tempera", *Early Italian Paintings Techniques and Analysis. Symposium, Maastricht 1996*, Maastricht: Limburg Conservation Institute, 1997, p. 11-20.

¹³ K. SUTHERLAND, "Solvent-extractable components of linseed oil paint films", *Studies in Conservation*, 48 (2003), p. 111-135.

¹⁴ N. KHANDEKAR, A. PHENIX, J. SHARP, "Pilot study into the effects of solvents on artificially aged egg tempera films", *The Conservator*, 18 (1994), p. 62-72.

¹⁵ J.P. TEAS, *Graphic Analysis of Resin Solubilities*, J. Paint Technol., 40, (516), 1968, p. 19-25; R.L. FELLER, "The Relative Solvent Power Needed to Remove Various Aged Solvent Type Coatings", *Preprints of the IIC Congress, Lisbon*, Londres: IIC, 1972, p. 9.

¹⁶ E. SIGNORINI, P. CREMONESI, *L'uso dei solventi organici neutri nella pulitura dei dipinti: un nuovo Test di Solubilità*, Padua: Il Prato, 2004, p. 2-15 (Progetto Restauro, 31).

¹⁷ P. CREMONESI, *L'Uso dei Solventi Organici nella Pulitura di Opere Policrome*, Padua: Il Prato, 2004 (2ª) (I Talenti- Metodologie, tecniche e formazione nel mondo del restauro, 7).

¹⁸ R.C. WOLBERS, *Notes for Workshop on New Methods in the Cleaning of Paintings*, Marina del Rey: Getty Conservation Institute, 1990; R.C. WOLBERS, *Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods*, Londres: Archetype Publications, 2000; P. CREMONESI, *L'Uso di Tensioattivi e Chelanti nella Pulitura di Opere Policrome*, Padua: Il Prato, 2004 (2ª) (I Talenti- Metodologie, tecniche e formazione nel mondo del restauro, 10).

¹⁹ Ver D. STULIK, V. DORGE, H. KHANJIAN, N. KHANDEKAR, A. TAGLE, D. MILLER, R. WOLBERS, J. CARLSON, "Surface cleaning. Quantitative study of gel residue on cleaned paint surfaces", *Tradition and Innovation: Advances in Conservation, Contributions to the Melbourne Congress, 10-14 Octubre 2000*, Londres: IIC, 2000, p. 118-194 (Este artículo ha sido traducido íntegramente al italiano y publicado en *Progetto Restauro*, 21, Padua: Il Prato, 2004, p. 4-14); D. STULIK, D. MILLER, H. KHANJIAN, N. KHANDEKAR, R. WOLBERS, J. CARLSON, W.C. PETERSEN, *Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art. The Residue Question*, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2004.

²⁰ L. MASSCHELEIN KLEINER, *Les Solvants*, Bruselas: Institut Royal du Patrimoine Artistique, 1991.

²¹ G. HEDLEY, M. ODLYHA, A. BURNSTOCK, J. TILLINGHAST, C. HUSBAND, *A Study of the Mechanical and Surface Properties of Oil Paint Films Treated with Organic Solvents and Water...*, p. 98-105.

²² R.C. WOLBERS, *Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods...*; R. WOLBERS, "Un approccio acquoso alla pulitura dei dipinti", Padua: Il Prato, 2004 (Quaderni Cesmar7, 1).

²³ Ver R.C. WOLBERS, *Notes for Workshop on New Methods...*; R.C. WOLBERS, *Cleaning Painted Surfaces...*; P. CREMONESI, *L'Uso di Tensioattivi e Chelanti...*; R. WOLBERS, Un approccio acquoso alla pulitura dei dipinti...

²⁴ Ver P. CREMONESI, *L'Uso di Tensioattivi e Chelanti nella Pulitura...*; R. BELLUCCI, P. CREMONESI, "L'uso dei tensioattivi nella conservazione e nel restauro dei dipinti", *Kermes, arte e tecnica del restauro*, 24 (1995), p. 55-74; P. CREMONESI, "Risultati e Prospettive per la Pulitura dei

Dipinti Mobili", *Restauro e Ricerche, Dipinti su Tela e Tavola, Atti della Giornata di Studio "Il Restauro dei Dipinti Mobili"* organizada por el Opificio delle Pietre Dure el 17 de Diciembre de 2002 en el Palacio de Congresos de Florencia, Florencia: Edifir, 2003, p. 103-106.

²⁵ A.L. MCCRARY, W.L. HOWARD, "Chelating Agents", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, V, Nueva York: J. Wiley, 1982, p. 339-368.

²⁶ Ver R.C. WOLBERS, *Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods...*; P. CREMONESI, *L'Uso di Tensioattivi e Chelanti nella Pulitura...*; A. PHENIX, A. BURNSTOCK. "The removal of surface dirt on paintings with chelating agents", *The Conservator*, 16 (1992), p. 28-37; E. BONACCINI, P. CREMONESI, *Preparazione e utilizzo di gel chelanti, reagenti per la pulitura di opere policrome*, Padua: Il Prato, 2001, p. 11-21 (Progetto Restauro, 19).

²⁷ P. CREMONESI, *L'Uso degli Enzimi nella Pulitura di Opere Policrome*, Padua: Il Prato, 2002 (2ª) (I Talenti- Metodologie, técnicas e formación nel mondo del restauro, 4); G. BANIK, P. CREMONESI, A. DE LA CHAPPELLE, L. MONTALBANO, *Nuove Metodologie nel Restauro del Materiale Cartaceo*, Padua: Il Prato, 2003 (I Talenti- Metodologie, técnicas e formación nel mondo del restauro, 14).

²⁸ A.L. LEHNINGER, D.L. NELSON, M.M. COX, *Principi di Biochimica*, Bologna: Ed. Zanichelli, 1994 (2a).

²⁹ R. BELLUCCI, P. CREMONESI, "L'uso degli enzimi nella conservazione e nel restauro dei dipinti", *Kermes, arte e tecnica del restauro*, 21 (1994), p. 45-64; R. BELLUCCI, P. CREMONESI, G. PIGNAGNOLI, "A note on the use of enzymes in conservation. A preliminary report on the removal of aged acrylic resin coatings with Lipase", *Studies in Conservation*, 44, 4, (1999), p. 278-281; N. BUTTAZZONI, A. CASOLI, P. CREMONESI, P. ROSSI, "Preparazione e utilizzo di gel enzimatici, reagenti per la pulitura di opere policrome", *Progetto Restauro*, 16, 2000, p. 11-19.

³⁰ R.C. WOLBERS, *Cleaning Painted Surfaces. Aqueous Methods...*; A. PHENIX, A. BURNSTOCK, "The removal of surface dirt on paintings with chelating agents", *The Conservator*, 16 (1992), p. 28-37.

³¹ J.S. MILLS, R. WHITE, "Natural resins of art and archaeology. Their sources, chemistry and identification", *Studies in Conservation*, 22, (1977), p. 12-31; G. A. VAN DER DOELEN, *Molecular Studies of Fresh and Aged Triterpenoid Varnishes*, MOLART Report Series n. 1, Amsterdam: FOM Institute, 1999.

³² J.S. MILLS, R. WHITE, *The Organic Chemistry of Museum Objects*, Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994 (2ª).

³³ M. LEONARD, *Some observations on the use and appearance of two new synthetic resins for picture varnishes...*, p. 174-176; E.R. DE LA RIE, C.W. MCGLINCHAY, *New synthetic resins for picture varnishes...*, p. 168-171; L. CARLYLE, J. BOURDEAU, Eds., *Varnishes - Authenticity and Permanence. Workshop Handbook of the Varnish Workshop, September 20-21, 1994*, Ottawa: CCI, 1994; J. WHITTEN, "Low-molecular weight resins for picture varnishes", *Paintings Specialty Group Postprints*, Washington: American Institute for Conservation, 1995, p. 124. Para un tratamiento más completo del tema se recomienda: P. CREMONESI, *Le vernici finali per i dipinti*, Padua: Il Prato 2004, p. 16-28 (Progetto Restauro, 29).

³⁴ L. MASSCHELEIN KLEINER, *Les Solvants...*

³⁵ K. SUTHERLAND, "The extraction of soluble components from an oil paint film by a varnish solution", *Studies in Conservation*, 45 (2000), p. 54-62.

³⁶ V.R. MEHRA, *Foderatura a freddo. I testi fondamentali per la metodologia e la pratica*, Florencia: Nardini Editore, 1995.

Tratamientos Garbi, S.L

- Decapat per immersió de portes i finestres
- Tractament contra corcs per "shock tèrmic"
- Decapat de bigues per xorro de micro-partícules
- Tractaments estructurals contra termites i corcs
- Productes Sinto per reparació de fusta i pedra
- Tractaments contra humitats
- Autoritzats pel Departament de Sanitat

Tel. 93.421.81.03

www.garbi.biz

La misma
eficacia del
tratamiento
en masa...

El tratamiento en masa ahora también
disponible para restauradores

Para más información:
info@cscbooksaver.com
Tel. 93 786 09 00

En spray

Los buenos resultados obtenidos en los tratamientos en masa, han permitido desarrollar y patentar una nueva línea de aerosoles CSC Book Saver® para la preservación de libros, documentos, periódicos, mapas y en general materiales celulósicos: el spray Desacidificante y el spray Biocida.



NUEVAS
PRESENTACIONES

CSC

Conservación de Sustratos
Celulósicos S.L.

www.cscbooksaver.com



¡NOVEDAD!

BM-7 MS

Máquina de proyección de 7 litros de capacidad
Presión de trabajo desde 0,1 bar
Mínimo consumo de abrasivo, desde 12 kg/hora
Pequeña y ligera (16 kg)
Mínimo consumo de aire (5CV)
Boquillas de 3, 4, 5 y hasta 6 mm



Láser MAESTRO

Equipo láser portátil (12 Kg)
Puntero tipo lápiz (fibra óptica)
Pantalla táctil para fácil regulación
de parámetros
Láser Nd: YAG bombeado por diodos
Longitud de onda de 1064 nm
Energía regulable de 2-12 mJ
Duración del pulso entre 5-10 ns
Frecuencia regulable de 10-200 Hz



MPS

Equipo de microproyección a presión
Presión de trabajo desde 0,5 bar
Boquillas de Carburo de Tungsteno
de 08, 1'2 y 18 mm
Mando a distancia en el portaboquillas
Depósito de presión de 1,25 litros
Control preciso de consumo de abrasivo.

mpa.es

Equipos de proyección
y microproyección a baja presión
Equipos de limpieza láser
Productos abrasivos
Formación
Asesoría técnica
www.mpa.es

mparent

Servicio especializado de alquiler
de maquinaria y equipos de proyección,
microproyección y láser
Alquiler de compresores de aire
y equipos accesorios

www.mparent.es