



Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

Una alternativa al procedimiento habitual

Presentada por: Marina González Gil

Dirigida por: Pilar Soriano Sancho
M^a Antonia Zalbidea Muñoz

Aplicación de soportantes y espesantes de agua en la reactivación y eliminación de la cola de arranque mediante la técnica de *strappo* en pinturas murales porosas e hidrosolubles

Una alternativa al procedimiento habitual
Trabajo final de Master 2012-2013



Presentada por: Marina González Gil

Dirigida por: Pilar Soriano Sancho
M^a Antonia Zalbidea Muñoz



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



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. Los métodos acuosos podrían convertirse de pleno derecho en sustitutivos de los métodos tradicionales, donde éstos últimos sean demasiado tóxicos o poco selectivos.

Paolo Cremonesi. Reflexiones sobre la limpieza de superficies policromadas.

RESUMEN:

En la presente Tesis Final de Máster se investigan alternativas al procedimiento habitual de eliminación y limpieza de las telas de arranque utilizadas en el procedimiento conocido como *strappo* para el caso específico de pinturas murales realizadas con la técnica a fresco con acabados a temple.

Para ello se han realizado arranques mediante *strappo* en probetas con los siguientes acabados a seco: temples magros de cola, caseína y huevo.

Frente al proceso tradicional de limpieza y eliminación de las telas de arranque en el que se utiliza Arbocel®, se han testado otros dos soportantes de agua (sepiolita y agar-agar) y dos espesantes (Vanzan NF-C® y Carbopol Ultrez 21®) con vista a crear un proceso de limpieza controlado, gradual y selectivo que permita preservar en la medida de lo posible los acabados a seco. Igualmente se ha logrado mejores resultados en la eliminación de los estratos que componen los arranques ajustando los valores de pH y temperatura en las diferentes fases de la intervención.

Los resultados obtenidos mediante observación empírica y con lupa permiten establecer un sistema de limpieza alternativo al tradicional que se divide en dos fases de intervención: en primer lugar las capas más gruesas de cola aplicadas con las telas de arranque se eliminan de forma homogénea por medio de geles acuosos a pH 8.5 y a temperatura entre 40-50°C. Al llegar a la superficie de los temples (superficie de los estratos pictóricos) se modifica el sistema de limpieza. En este caso se aplica agua desionizada a pH 7 y a temperatura ambiente mediante un gel rígido de agar-agar de forma a actuar en los restos de cola animal que permanecen en la superficie y limitar la solubilización de los temples. De esta forma se consigue una actuación gradual y que permite conservar más adecuadamente los estratos pictóricos hidrosolubles en comparación con el método tradicional.

RESUM:

En la present Tesi Final de Màster s'investiguen alternatives al procediment habitual d'eliminació i neteja de les teles d'arrancada utilitzades en el procediment conegut com *strappo* per al cas específic de pintures murals realitzades amb la tècnica a fresc amb acabats a tremp.

Per a això s'han realitzat arrancades per mitjà de *strappo* en provetes amb els següents acabats a sec: temperes magres de cua, caseïna i ou. Enfront del procés tradicional de neteja i eliminació de les teles d'arrancada en què s'utilitza Arbocel®, s'han testat altres dos soportantes d'aigua (sepiolita i agar-agar) i dos espesantes (Vanzan NF-C ® i Carbopol Ultrez 21®) amb vista a crear un procés de neteja controlat, gradual i selectiu que permetia preservar en la mesura que siga possible els acabats a sec. Igualment s'ha aconseguit millors resultats en l'eliminació dels estrats que componen les arrancades ajustant els valors de pH i temperatura en les diferents fases de la intervenció.

Els resultats obtinguts per mitjà d'observació empírica i amb lupa permeten establir un sistema de neteja alternatiu al tradicional que es dividix en dos fases d'intervenció: en primer lloc les capes més grosses de cua aplicades amb les teles d'arrancada s'eliminen de forma homogènia per mitjà de gels aquosos a pH 8.5 i a temperatura entre 40-50°C. A l'arribar a la superfície dels temperes (superfície dels estrats pictòrics) es modifica el sistema de neteja. En este cas s'aplica aigua desionitzada a pH 7 i a temperatura ambient per mitjà d'un gel rígid d'agar-agar de forma a actuar en les restes de cua animal que romanen en la superfície i limitar la solubilització dels temperes. D'esta manera s'aconsegueix una actuació gradual i que permet conservar més adequadament els estrats pictòrics hidrosolubles en comparació amb el mètode tradicional.

ABSTRACT:

In this Master Degree Thesis is presented a preliminary research investigated alternatives to the usual procedure of removing and cleaning the materials used in the process known as *strappo*, considering the specific case of wall paintings executed with *fresco* technique with *tempera* glazes.

With this scope, several test specimens with different *tempera*, such as egg, casein and animal glue, were prepared over a ground of *fresco*, in which the *strappo* technique was executed.

The traditional cleaning system of the materials used in the *strappo* process was compared to other alternative cleaning approaches. Thus, the traditional cleaning with Arbocel® is tested as well as other products such as sepiolite, agar-agar, Vanzan NF-C® and Carbopol Ultrez 21 ®) with a view creating a controlled cleaning process that allows a gradual and selective elimination of the foreign materials and better preservation of the *tempera*.

The best results were achieved by dividing the cleaning process into different stages and controlling and adjusting parameters such as pH and temperature in the various phases of the intervention. The results were evaluated empirically and by means of optical microscopy.

A stratified cleaning system is proposed as an alternative to the traditional method: the first thicker layers of glue and cotton fabrics used in the *strappo* are evenly removed by means of gels with buffered water at pH 8.5 and temperature between 40 - 50 ° C. After the removal of the *strappo* system the remains of the animal glue are removed in a controlled manner with an agar-agar rigid gel with pH 7, at room temperature. The intervention is thus achieved gradually and is far more adapted to the delicacy of soluble *tempera* than the traditional method.

ÍNDICE

1.- OBJETIVOS	8
2.- METODOLOGÍA	9
3.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE ARRANQUE Y EL MÉTODO DE LIMPIEZA DEL <i>STRAPPO</i>	
3.1- Sistemas de arranque de pinturas murales: breve descripción.....	10
- <i>Stacco</i>	
- <i>Stacco a massello</i>	
- <i>Strappo</i>	
3.2- El <i>strappo</i> : características, ventajas e inconvenientes.....	11
3.3- La limpieza del <i>strappo</i>	12
3.4- Presencia de acabados a seco en pinturas murales realizadas a fresco: problemas de solubilidad e incompatibilidad con la técnica de arranque mediante <i>strappo</i>	14
3.5- Métodos alternativos de limpieza: fundamentos teóricos.....	15
4.- FASE EXPERIMENTAL. TESTADO DE LOS SOPORTANTES Y ESPESANTES EN LA ELIMINACIÓN DE LAS TELAS DE ARRANQUE MEDIANTE <i>STRAPPO</i>	
4.1- Descripción de las probetas.....	21
4.2- Descripción de los soportantes y espesantes a testar.....	21
4.3- Realización de las probetas.....	23
4.4- Aplicación de los métodos de limpieza: resultados y observaciones.....	25
5.- CONCLUSIONES	45
5.1- Evaluación del método experimental y comportamiento de los sistemas de limpieza	
ANEXO I. MATERIALES CONSTITUYENTES DE LAS PROBETAS	48
ANEXO II. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS	52
ANEXO III. EJECUCIÓN DEL <i>STRAPPO</i> Y APLICACIÓN DEL CASEINATO CÁLCICO EN EL REVERSO	64
ANEXO IV. ELABORACIÓN DE UNA SOLUCIÓN TAMPONADA A pH 8.5	71
ANEXO V. APLICACIÓN DE AGAR-AGAR A PINCEL	76
6.- BIBLIOGRAFIA	77
7.- AGRADECIMIENTOS	80

1.- OBJETIVOS:

El principal objetivo del presente Trabajo Final de Master consiste en encontrar una alternativa al protocolo habitual de eliminación de las telas de arranque mediante el procedimiento conocido como *strappo*, que permita un mejor control de la aplicación del agua sobre las telas impregnadas en cola.

Para ello se han testado diferentes productos utilizados en el campo de la Restauración, que permiten modificar las características del agua, en este caso la viscosidad, con el objetivo de efectuar una limpieza por estratos y disminuyendo el aporte excesivo de agua a los acabados hidrosolubles. Se han escogido tres soportantes (Arbocel®, agar-agar y sepiolita) y dos espesantes (Vanzan® y Carbopol Ultrez 21®). Adicionalmente se ha ajustado el pH de los sistemas acuosos para optimizar su capacidad disolvente en contacto con los gruesos estratos de cola aplicados durante el proceso de arranque.

Con este estudio se pretende comprobar la efectividad de estos sistemas de limpieza acuosa para hinchar y eliminar la cola de arranque utilizada en el *strappo* y evitar, en la medida de lo posible, la pérdida de película pictórica hidrosoluble. Adicionalmente, se evalúan las ventajas e inconvenientes de la utilización de cada producto, su facilidad de preparación y aplicación, así como su eliminación de la superficie pictórica.

Los sistemas acuosos se han aplicado sobre probetas que simulan arranques de pintura mural a fresco con acabados a temple. Se han preparado tres tipos de temples magros sobre superficies de pintura mural a fresco según recetas tradicionales: de cola, de caseína y de huevo. Se trata de superficies porosas, con acabados hidrosolubles, que no han sido consolidadas previamente. De esta forma se enfatizan las condiciones adversas que dificultan una limpieza gradual y controlada.

Finalmente, se comparan los sistemas de limpieza acuosos propuestos con los tradicionales con el objetivo de crear un protocolo alternativo que permita una limpieza controlada, de forma gradual y por estratos preservando en la medida de lo posible los acabados realizados a seco.

2.- METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el correcto desarrollo de esta investigación y poder de lograr los objetivos descritos anteriormente, en primer lugar se procede a la recogida de datos y consulta de bibliografía especializada. Se prestó especial atención a aquella información referente a los sistemas de arranque de pinturas murales, la aplicación de las diferentes técnicas pictóricas de temple magros sobre pinturas murales, las características de los materiales constituyentes de las probetas realizadas y especialmente de los materiales espesantes y soportantes a testar. La búsqueda de información implica la consulta de documentos muy variados, tales como: artículos de investigación especializados, páginas web, Trabajos Finales de Master, publicaciones científicas y bibliografía específica. La búsqueda y lectura de trabajos precedentes se centra especialmente en las últimas investigaciones realizadas en el campo de la limpieza acuosa, introducidas por Richard Wolbers en el campo de la Restauración y continuadas por Paolo Cremonesi, entre otros autores. Se pretende aplicar las conclusiones de sus investigaciones a la limpieza de colas y eliminación de telas de arranque, comprobando durante el proceso si es posible disfrutar de las propiedades del agua.

La presente investigación se centra en la experimentación empírica, a través de una serie de probetas con mortero de cal y arena donde se han aplicado tres técnicas a seco (temple magros): temple de cola, temple de caseína y temple de huevo. Se han escogido estas técnicas pictóricas tradicionales por que se trata de acabados frecuentes en obra pictórica mural. Su principal característica frente a un arranque a *strappo* es que son hidrosolubles al igual que la cola de arranque, por lo que son susceptibles de sufrir grandes pérdidas de aglutinante durante el proceso de limpieza.

El disolvente que reactiva la cola animal aplicada sobre las pinturas arrancadas a *strappo* es el agua. Para controlar su aplicación sobre dicha cola y por extensión sobre las películas pictóricas, hemos testado tres soportantes y dos espesantes. Se han escogido por tratarse de materiales utilizados frecuentemente en el campo de la Restauración, que permiten adaptar el agua al caso concreto que planteamos. Los soportantes son tres: la sepiolita, el agar-agar y el Arbocel®. Los espesantes elegidos son geles de base acuosa: el Vanzaan ® y el Carbopol Ultrez 21®.

Todos ellos se han testado para valorar su retención de agua y estimar el control de penetración de la misma en la superficie porosa e hidrosoluble del mural arrancado. Como añadido y para adaptar el poder disolvente del agua, se han utilizado soluciones tampón con pH básico que solubilizan las proteínas (cola de arranque y aglutinantes proteicos de los temple). Finalmente, se ha escogido como control la probeta tratada con Arbocel®, pues se trata del soportante de agua más utilizado en la actualidad para reactivar la cola de arranque en el momento de su retirada.

Tras la toma de datos, donde se incluyen fotografías macro de la superficie pictórica y la observación del comportamiento de cada producto, se finaliza la investigación con una comparativa de cada soportante y espesante a través de los resultados obtenidos. Estos datos permiten discernir el producto más adecuado para la limpieza de la cola de arranque mediante *strappo* en este tipo de superficies.

3.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS TRADICIONALES DE ARRANQUE Y EL MÉTODO DE LIMPIEZA DEL *STRAPPO*

3.1- SISTEMAS DE ARRANQUE DE PINTURAS MURALES. BREVE DESCRIPCIÓN.

La principal característica que diferencia a la pintura mural de otras expresiones artísticas es su íntima relación con la arquitectura. Es precisamente su soporte (el muro) y las diferentes capas de mortero los que permiten la permanencia de la película pictórica sobre él, los que la dotan de sentido. Así, las cualidades plásticas, artísticas e incluso estéticas de la obra como tal no pueden dissociarse del hecho de encontrarse inmersa en un edificio o una localización concreta, para la cual ha sido creada.

La pintura mural ha sido arrancada en múltiples ocasiones, hallando los primeros casos citados por Plinio y Vitruvio¹, continuando hasta nuestros días. En España durante la década de 1930 fueron sustraídas mediante este método pinturas románicas (la mayoría en territorio catalán) con el objetivo inicial de evitar su robo o compra por parte de extranjeros². Durante la década de 1960 el arranque se consideró una de las formas más efectivas para solucionar los deterioros causados por las humedades del muro e incluso para observar las sinopias de las pinturas góticas. Sin embargo, a pesar de su uso continuado, actualmente se contemplan otras alternativas antes de proceder al arranque de una pintura mural.

Descontextualizar una obra mural es una operación arriesgada donde se pierde parte del sentido de la pieza y se la somete a procedimientos exhaustivos que provocan pérdidas y daños muchas veces irreparables. Por este motivo, la separación del mural de su emplazamiento original es considerada hoy en día una opción únicamente válida en determinados casos: humedades incontrolables, imposibilidad de conservar el edificio donde se encuentran, deterioro irreparable del mortero, terremotos y fenómenos naturales o peligro inminente de robo o sustracción³. Por lo tanto, independientemente de la técnica escogida el resultado será una pintura descontextualizada, con pérdida de película pictórica, eliminación de relieves, empastes o materiales volumétricos, alteración cromática y añadido de sustancias externas a la obra que pueden causar reacciones no deseadas.

Debido a todo lo anterior, actualmente el arranque mediante *strappo* no se considera la primera opción a la hora de intervenir sobre un mural en peligro, pues alteran de forma irreversible muchos aspectos de la obra, tanto estéticos como conceptuales. Sin embargo, puede darse el caso de ser necesario realizar este tipo de intervención, por lo que debemos conocer las características y detalles de la obra: dimensiones, emplazamiento, técnica pictórica, materiales, tipo de mortero o morteros que la constituyen y la adhesión que hay entre ellos, daños y grado de deterioro de cada uno de sus estratos, comportamiento frente a adhesivos consolidantes y de protección de la pintura. Sólo de este modo se puede escoger la técnica de arranque más adecuada.

El *stacco a massello*

Se trata de la técnica de arranque más antigua. Es la que garantiza una mayor preservación del carácter mural de la pintura, ya que consiste en separar la película pictórica junto con el soporte, incluyendo el muro (sea al completo o únicamente una parte)⁴. Está especialmente indicada para pinturas realizadas directamente sobre el soporte mural (roca, piedra, ladrillo), pinturas situadas en lugares húmedos o con mucho relieve. Su ventaja principal es que conserva los aspectos plásticos, artísticos y matéricos de la obra, sin embargo se trata de un procedimiento muy costoso tanto a nivel económico como de transporte, pues hay que desplazar el muro por completo. Sin olvidar que no es posible utilizarlo en obras de gran formato o situadas en lugares poco accesibles como bóvedas, cúpulas, etc. pues debido precisamente a su forma y emplazamiento es muy complicado separarlas del resto del edificio

¹ BOTTICELLI, Guido: "Transferimento dal supporto originale: stacco e strappo", *Metodologia di restauro delle pitture murali*, Centro Di della Edifimi srl, Firenze, 1992, 2003, p.111

² Información sobre la extracción de pintura mural durante la década de 1930 extraída de: <<http://enelvallearte.blogspot.com.es/2009/12/el-romanico-fuera-de-lugar-traslado-de.html>> [consulta 27 de junio de 2013]

³ FERRER MORALES, Ascensión: Capítulo IX. Extracción de la pintura mural, *La pintura mural. Su soporte, conservación y las técnicas modernas*, Universidad de Sevilla, Sevilla, 1998, p.117.

⁴ SORIANO SANCHO, Pilar: Capítol I. Arrancament de pintura mural, *Conservació i Restauració de Pintura Mural. Arrancaments, traspàs a nous suports i Reintegració*, Universitat Politècnica de València, València, 2008, p.16

del que forman parte. El procedimiento de extracción al completo se encuentra detalladamente descrito por numerosos autores, destacando la obra de Mora y Philippot⁵, Botticelli⁶, Ferrer Morales o Soriano.

El *stacco*

Esta técnica permite extraer la película pictórica junto con el *intonaco*, es decir, la capa de mortero anterior a la pintura. Para ello es necesario que ambos estratos estén fuertemente cohesionados entre sí para evitar desprendimientos y pérdidas. La ventaja principal de este tipo de arranque es que conserva las características plásticas de la pintura mural, además de ser más fácil de transportar que el *stacco a masello*.

El *strappo*

Es la técnica más usada a lo largo de la historia, y consiste en arrancar únicamente la película pictórica, por lo que se puede aplicar incluso en zonas curvas y de gran tamaño. A diferencia de las técnicas anteriores, el único adhesivo que se utiliza es la cola natural de origen animal. Gracias a su alto poder de contracción es capaz de desprender la película pictórica del muro, dejando atrás las capas de mortero que la soportaban. El resultado es una pintura adherida a las telas de arranque, que se puede transportar fácilmente enrollada.

3.2- EL STRAPPO: CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS E INCONVENIENTES

El procedimiento del arranque mediante *strappo* consta de una serie de pasos, resumidos a continuación. En primer lugar, debemos eliminar la suciedad superficial, los elementos extraños (clavos, maderas, grapas) y humedades excesivas del muro. Con estas acciones controlamos elementos que puedan causar problemas durante el proceso de arranque mediante *strappo*. También es aconsejable prestar atención a posibles fisuras o problemas matéricos que puedan dañar la pintura en el momento del arranque, y tenerlos en cuenta antes de proceder.

A continuación, se selecciona un adhesivo suave que proteja la pintura durante el proceso, aunque su principal función será la de instrumento de arranque. Estos productos no deben ser excesivamente penetrantes para no entorpecer el proceso de levantamiento, ni deben plantear problemas de envejecimiento, pues aunque serán retirados, siempre dejan residuo sobre la capa pictórica y podrían actuar como catalizadores de procesos indeseados. Se aplican sobre una tela de algodón sin apresto de trama cerrada, pero sin ser excesivamente densa para no dejar marcas sobre la película pictórica. Para escoger el producto más adecuado se deben tener en cuenta una serie de detalles: el primero es la resistencia de la pintura al agua o al disolvente utilizado, que a su vez dependerá de la técnica con la que fue ejecutada y el estado de conservación. Para películas pictóricas resistentes al agua, Mora y Philippot recomiendan el uso de la *colletta*. Para aquellas pinturas que son más sensibles al contacto con el agua recomiendan poner un fijativo intermedio que actúe como protector de la capa más hidrosoluble. Finalmente, en casos de pinturas solubles en agua deberá sustituirse el adhesivo acuoso anterior por resina acrílica o vinílica que penetre en el poro pero que esté lo suficientemente diluida que permita su retirada sin dejar residuo excesivo⁷. El objetivo principal de escoger un buen producto fijativo en un arranque mediante *strappo* (compatible con los materiales constituyentes de la misma y que permita proteger el film sin causar alteraciones) es para evitar que la cola animal (ingrediente principal de esta técnica) penetre excesivamente en la película pictórica, la disgregue o deje residuos que dañen la superficie con el paso del tiempo.

Una vez protegida y fijada la pintura se prepara la cola animal, humectándola durante 24 horas y calentándola en el momento de aplicación al baño María hasta disolverla y conseguir un líquido caliente y maleable. Si el muro está muy seco, pueden aplicarse aditivos como la hiel de buey o vinagre para adherir mejor la cola al muro y evitar que arranque únicamente el estrato más superficial⁸. También es importante añadir un fungicida, pues la cola animal es un

⁵ MORA, Paolo y Laura y PHILIPPOT, Paul, Capítulo XI. Rimonizione, *La Conservazioni delle Pitture Murali*, Editrice Compositori, Bologna, 2001, pp.273-276

⁶ BOTTICELLI, Guido: *Op. cit.*, pp.112-113

⁷ MORA, Paolo y Laura y PHILIPPOT, Paul: *Op. cit.*, p.269-270

⁸ Ídem, p.282

adhesivo compuesto principalmente de proteínas, un material susceptible de ser atacado por microorganismos y bacterias.

La cola se extiende sobre una gasa de algodón de trama cerrada, pero lo suficientemente abierta para permitir el paso del producto. Esta primera capa consta de rectángulos de tela de 50 x 60 cm. aproximadamente, aplicados de abajo a arriba mediante pincel (o sumergidos en la cola y extendidos sobre la pintura) y superpuestos entre sí un máximo de un centímetro, para evitar marcar la superficie de la obra⁹.

Se aplica una segunda y última capa con retorta de algodón de mayor tamaño (70 x 80 cm. aprox.) evitando que las juntas de la capa inferior coincidan con las de ésta. Esta capa de cola debe aplicarse cuando la anterior está mordiente (no húmeda para evitar que la primera capa se licue con el calor de la segunda ni seca para no crear dos estratos diferenciados que no se separarían juntos). Debe dejarse un perímetro de retorta alrededor de la pintura para poder coger la tela en el momento del arranque.

Se deja secar entre tres días y una semana, dependiendo de la humedad ambiental, hasta que forma una capa de algodón rígida y perfectamente seca. Con un mazo de goma se golpea suavemente toda la superficie del arranque para facilitar el desprendimiento del muro, y se va separando poco a poco la tela junto con la capa pictórica de abajo a arriba, hasta conseguir su total desprendimiento de la pared. Una vez separada del muro la pintura arrancada debe colocarse con el reverso hacia arriba y en posición horizontal¹⁰.

Las **ventajas** principales de este proceso son su rapidez y economía de materiales, la posibilidad de arrancar grandes superficies (50m²) o realizar extracciones de zonas concretas del mural y la facilidad de transporte y almacenaje debido a que únicamente se arranca la capa pictórica. Además, se ha preferido a otras técnicas porque permite la recuperación de sinopias (dibujos preparatorios subyacentes), aunque tenga mayores desventajas desde un punto de vista físico y estético que las técnicas de arranque de *stacco* y *stacco a massello*. En caso de emergencia y necesidad de transportar una obra mural de forma inminente, es el procedimiento más rápido, ligero y económico de los tres, por lo que en la mayoría de los casos es el escogido, incluso aunque no sea el más adecuado.

Sin embargo, es un **procedimiento peligroso**, ya que nunca se consigue extraer la película pictórica al completo. Se producen pérdidas de pigmento y aglutinante en el momento del arranque (quedan adheridas al muro que las soportaba), durante el proceso de consolidación del reverso (con la eliminación mecánica del revoque, donde se pueden desprender fragmentos de capa pictórica) y durante el proceso de eliminación de las telas de arranque (se solubilizan o desprenden al degradarse el aglutinante aplicado al seco o hidrosoluble). Asimismo, el resultado final ofrece una obra descontextualizada, pues se ha extraído del emplazamiento original que la dotaba de sentido. Plásticamente, la pintura pierde gran parte de su volumen (no permite conservar las típicas irregularidades y las decoraciones en relieve, ni las características ópticas conferidas por el *intonaco* originario) y se vuelve plana y opaca, perdiendo de forma irreversible su transparencia original. Esto es debido a las variaciones en el grosor del estrato pictórico, la modificación de la reflexión del estrato subyacente y los residuos de la cola de arranque, que permanecen en la capa pictórica y modifican su comportamiento y aspecto estético.

3.3- LA LIMPIEZA DEL STRAPPO

Una vez la película pictórica ha sido arrancada, es necesario estabilizarla y cohesionarla para evitar mayores pérdidas en el momento de eliminación de las telas y la cola de arranque. Para ello, es necesario retirar los restos de *intonaco* que hayan podido arrancarse junto con el film pictórico. Este proceso se denomina nivelar y se realiza mecánicamente mediante bisturí, escarpelo o micro escarpelo eléctrico. Se trabaja exclusivamente en la zona del reverso y debe hacerse de forma delicada para evitar desprender fragmentos de película pictórica, dejando lagunas que después serían visibles por el anverso.

Tras nivelar el reverso la película pictórica queda al descubierto para ser consolidada. Ésta debe cohesionarse para garantizar un film estable que pueda trabajarse y traspasarse a nuevos soportes. Se aplica un producto consolidante a través de una gasa de algodón gruesa

⁹ SORIANO SANCHO, Pilar: *Op. cit.*, pp.37-38 y pp. 42-46

¹⁰ Para más información sobre el procedimiento, consultar *Anexo II. Elaboración de las probetas*

que actúa de malla sustentante. El producto utilizado suele ser el caseinato cálcico¹¹, pues se trata de un producto insoluble en agua. Puede darse el caso de encontrar un mortero pulverulento, por lo que sería necesario preconsolidarlo¹² con materiales sintéticos, orgánicos o de origen mineral escogiendo el más adecuado según el caso y los materiales constituyentes de la obra.

El caseinato cálcico (junto con un biocida que impida su degradación) se aplica mediante brocha a través de la gasa de algodón para formar una capa que actuará como estrato preparatorio de la siguiente. El objetivo es crear una capa compatible con la película pictórica que le de consistencia y la prepare para ser traspasada a un nuevo soporte¹³. Por otro lado, se escoge el caseinato cálcico por su resistencia al agua una vez carbonatado, ya que es necesario retirar las telas y la cola de arranque mediante agua caliente. Si consolidáramos el reverso con un material hidrosoluble, todos los estratos se verían afectados al lavarlos con agua. Sin embargo, aunque se trata de la fórmula más empleada no siempre resulta la mejor opción, pues como hemos visto no es efectiva en presencia de humedad excesiva y puede favorecer la presencia de microorganismos¹⁴.

El paso anterior a la colocación de la película pictórica en un nuevo soporte consiste en la eliminación de las telas del anverso. Actualmente se sigue utilizando el procedimiento tradicional, que consiste en ablandar la cola animal mediante la aplicación de agua caliente. La diferencia principal respecto al procedimiento original, es que en el pasado se aplicaba el agua sin ningún tipo de soportante, es decir, se *lavaba* la superficie aplicando gran cantidad de agua de forma incontrolada. Hoy en día se utiliza Arbocel®¹⁵ de diferentes longitudes de fibra para soportar el agua sobre las telas de arranque y evitar que afecte a la consolidación del reverso¹⁶. El procedimiento es sencillo: se coloca el arranque sobre una tabla agujereada y ligeramente inclinada para favorecer la precipitación del agua sobrante y evitar así una humectación excesiva. Se aplica una gruesa capa de Arbocel® con fibras de diferentes longitudes hidratada con agua caliente sobre las telas de arranque. La cola animal es hidrosoluble, por lo que hincha y se reactiva gracias a la temperatura y el agua. Una vez reblandecida se retira la capa de tela y se aplica agua caliente con una esponja para absorber la cola. Se repite el procedimiento con cada capa, utilizando vapor de agua si es necesario, hasta que no queden restos de cola en ella¹⁷. Es importante eliminar en la medida de lo posible los restos de cola, pues si queda excesivo residuo en el film pictórico puede crear tensiones y descamar la pintura una vez seca, así como facilitar la proliferación de microorganismos¹⁸.

Como hemos visto, en el proceso de eliminación de las telas de arranque es necesario añadir una gran cantidad de agua para reblandecer la cola animal y poder retirarla. Aunque el Arbocel® actúa como soportante y retiene parte de la humedad sobre la superficie, lo cierto es que el agua penetra de forma poco controlada en los diferentes sustratos del arranque. En caso de tener una película pictórica poco soluble en agua, como el caso de los frescos o *mezzo frescos*, no supone un riesgo excesivo, pues la pintura carbonatada junto a la cal del mortero forma un único estrato sólido, donde el aglutinante es de origen mineral y no se solubiliza al contacto con agua¹⁹. Es por este motivo por el que suele utilizarse el *strappo* con este tipo de murales y se evita su uso en pinturas con acabados a seco. Sin embargo, puede darse el caso de tener una obra realizada a fresco en cuya última capa se aplica una técnica a seco (temple

¹¹ Producto resultante de la unión de la caseína de la leche con hidróxido de calcio. Para más información consultar *Anexo I. Materiales constituyentes de las probetas*

¹² SORIANO SANCHO, Pilar: *Op. cit.*, pp.53-54

¹³ BOTTICELLI, Guido: “*Trasferimento dal supporto originale: stacco e strappo*”. *Metodologia di restauro delle pitture murali*, Centro Di della Edifimi srl, Firenze, 1992, 2003, pp.123

¹⁴ MORENO CIFUENTES, María Antonia: “La consolidación de Revestimientos murales en yacimientos arqueológicos”, *Técnicas de consolidación en Pintura Mural*, Gráficas Andemí S.L., Madrid, 1998, pp. 63

¹⁵ El Arbocel® es un producto muy utilizado en limpiezas de obras pictóricas murales. Se trata de fibras de celulosa altamente puras y muy absorbentes. Para más información ver capítulo 4.2

¹⁶ Si se quiere consultar un caso práctico de extracción de pinturas sobre muro donde se muestra al uso de Arbocel® para reactivar y eliminar la cola de las telas de arranque, ver: SORIANO SANCHO, Pilar; SERRA LLUCH, Juan: *Las técnicas de arranque de pintura mural para conservar documentación histórica de un edificio*, Valencia, Arché Publicación del Insituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, 2010. Disponible en: http://www.irp.webs.upv.es/documents/arche_article_144.pdf [consultado el 2 de julio de 2013]

¹⁷ SORIANO SANCHO, Pilar: *Op. cit.*, pp. 66-68

¹⁸ BOTTICELLI, Guido: *Op. cit.*, pp. 123-124

¹⁹ De todos modos, esto no significa que no sea perjudicial añadir agua a pinturas realizadas mediante fresco, pues siempre pueden surgir problemas de migraciones y sales en presencia de humedad.

o óleo) para realizar detalles plásticos (como veladuras, transparencias, carnaciones o sombras) que la técnica a fresco o las características de determinados pigmentos no lo permiten. En caso de escoger el *strappo* como método de arranque (por causas económicas, por urgencia etc.) al retirar las telas de arranque y la cola se perdería también esta última capa, ya que se solubilizarían junto con la cola animal en el proceso de eliminación, dejando al descubierto la capa anterior realizada a fresco.

En estos casos es imposible controlar la acción del agua sobre la capa pictórica, ya que no se añaden soportantes o espesantes que modifiquen su poder mojante y su penetración, ni se adaptan las propiedades químicas del agua como disolvente para poder realizar una intervención por estratos y una limpieza más selectiva. Por este motivo se ha modificado comportamiento del agua en el momento de retirar la cola de arranque, comprobando de este modo si es posible conservar films pictóricos hidrosolubles.

3.4- PRESENCIA DE ACABADOS A SECO EN PINTURAS MURALES REALIZADAS A FRESCO: PROBLEMAS DE SOLUBILIDAD E INCOMPATIBILIDAD CON LA TÉCNICA DE ARRANQUE MEDIANTE *STRAPPO*

A lo largo de la historia se han realizado obras murales utilizando diversas técnicas pictóricas. A pesar de encontrar ejemplos de *buon fresco*, especialmente en Italia, lo cierto es que a partir del siglo XIV pueden verse numerosos casos donde ciertos elementos de la composición eran finalizados con otros procedimientos. Las técnicas más frecuentes eran las de temple y óleo sobre el muro ya seco, conocidas en este período pictórico y nombradas por Cennino Cennini²⁰.

La pintura mural a temple se aplica sobre un *intonaco* pintado a fresco completamente carbonatado, sobre el que se extienden pigmentos aglutinados con materiales de origen orgánico (cola, huevo o caseína). La necesidad de realizar trabajos a seco era producida por la elevada causticidad del hidróxido de calcio (material principal de los frescos) presente en un *intonaco* que aun no ha carbonatado por completo, que alteraban y degradaban los pigmentos poco estables con ésta técnica. Por tanto, la presencia de la cal permite únicamente la aplicación de pigmentos que resistan su causticidad, eliminando aquellos que reaccionan de forma indeseada. Esta particularidad conforma una paleta más reducida si la comparamos con otras técnicas pictóricas como el óleo o el temple. Por otro lado, las características propias del fresco hacen que la aplicación del pigmento hidratado con agua de cal forme capas cubrientes y homogéneas que dificultan la ejecución de veladuras y transparencias. Finalmente, debe ser ejecutada antes de la carbonatación del *intonaco*, por lo que exige un tiempo limitado de realización que no permite trabajos muy elaborados, con muchas capas o con presencia de muchos tonos cromáticos. Por todos estos motivos, se introdujeron técnicas pictóricas utilizadas habitualmente en otros soportes como la pintura sobre tabla, para realizar aquellos detalles que el fresco no permitía ejecutar técnicamente²¹. Por ejemplo, podemos encontrar temples de huevo aplicados junto a tonos verdes (frecuentes a partir del siglo XIV); temples de cola en las zonas azuladas, habituales también en las técnicas pictóricas de este período; o temples de caseína a partir del siglo XVII, utilizados principalmente para realizar correcciones o aplicar determinados colores²².

Para ejecutar un temple sobre una pintura al fresco, se debía evitar aplicar la pintura sobre una capa excesivamente porosa y absorbente. Para reducir esta porosidad se aplicaba sobre el fresco ya carbonatado una fina capa de aglutinante afín a la técnica a emplear, creando un estrato que aislaba esta última capa del fresco. Generalmente era un estrato de cola, o de *gesso* para las zonas que iban a ser doradas.

Cennino Cennini entendía por temple aquella pintura aglutinada con huevo, pero lo cierto es que las obras estaban conformadas por una gran variedad de ligantes que incluían desde la cola animal hasta la goma arábica. Los aglutinantes más utilizados fueron el huevo (tanto entero como únicamente la yema, mezclado con agua incluso con leche de higo, para evitar

²⁰ BOTTICELLI, Guido: *Op. cit.*, pp. 19

²¹ FERRER MORALES, Ascensión: "Capítulo I. Historia de la pintura mural", *La pintura mural. Su soporte, conservación y las técnicas modernas*, Universidad de Sevilla, Sevilla, 1998, pp.36-41

²² FERRER MORALES, Ascensión: *Op. cit.*, pp.41

que una vez seco sobre el muro se descamara y se desprendiese de su soporte) y la cola diluida en agua y aplicada en caliente²³. Posteriormente se introdujo la caseína. Estos ligantes ofrecían la posibilidad de añadir pigmentos no compatibles con la técnica pictórica del fresco, especialmente aquellos que incluían plomo en su composición, como el minio o el blanco de plomo, trabajar aplicando capas superpuestas o veladuras y realizar trabajos detallistas sin el límite de tiempo que marcaba la carbonatación del fresco.

A modo de conclusión podemos observar que la presencia de técnicas denominadas “a seco” sobre murales realizados a fresco es abundante y diversa. Este es el motivo por el cual hemos decidido realizar probetas pintadas a fresco y con una capa de temple sobre ellas, ya que puede darse el caso que trabajando sobre obra real que tengamos que arrancar mediante esta técnica pinturas con acabados a temple de cola, huevo o caseína que son hidrosolubles como la cola utilizada para arrancarlas. Por tanto, hemos incluido estas técnicas pictóricas tradicionales por ser frecuentes en obra pictórica mural. Sin olvidar que frente a un arranque a *strappo*, que son susceptibles de sufrir grandes pérdidas de aglutinante en el momento de reactivación de la cola frente a otras técnicas también frecuentes como el fresco o *mezzo fresco*.

3.5- MÉTODOS ALTERNATIVOS DE LIMPIEZA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Richard Wolbers introdujo productos utilizados en la industria en el ámbito de la Restauración de obras de arte. Investigó sobre la aplicación de *Solvent Gel*²⁴ y *Resin Soaps* en la eliminación de barnices y repintes, y además utilizó las propiedades del agua, como el pH, la concentración iónica o la viscosidad, proponiendo métodos alternativos de limpieza utilizados hoy en día en Restauración. El uso de espesantes continúa siendo explorado por otros investigadores, como Paolo Cremonesi²⁵.

La eliminación de la cola de arranque por medio de agua soportada por Arbocel® (capítulo 3.4) no impide la penetración de la misma de forma controlada a través de diferentes estratos, por lo que solubiliza a la vez la cola de arranque y la película pictórica. Para solucionar los problemas que provoca la aplicación del agua de forma incontrolada, se han modificado algunas características químicas y físicas del agua para *adaptarla* a nuestro propósito: limitar la penetración en los estratos y efectuar una limpieza progresiva; y ajustar el pH para poder solubilizar las grandes cantidades de cola animal utilizadas durante el arranque.

El agua puede ser vista no sólo como un disolvente, sino como un verdadero reactivo químico: podemos modificar fácilmente algunas 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 lo serían²⁶.

²³ BOTTICELLI, Guido: “Caratteristiche tecniche della pittura murale”, *Metodologia di restauro delle pitture murali*, Centro Di della Edifimi srl, Firenze, 1992, 2003, pp. 30

²⁴ Los sistemas de limpieza a base de *solvents gel* fueron creados por Richard Wolbers a partir de una formulación tipo que aprovechaba la gelificación del ácido poliacrílico (Carbopol) con un tensioactivo (Ethomeen) y disolventes orgánicos

²⁵ CREMONESI, Paolo: *L'ambiente acquoso per il trattamento di opere policrome*, Padova, Editrice Il prato, 2012

²⁶ CREMONESI, Paolo: : *idem*

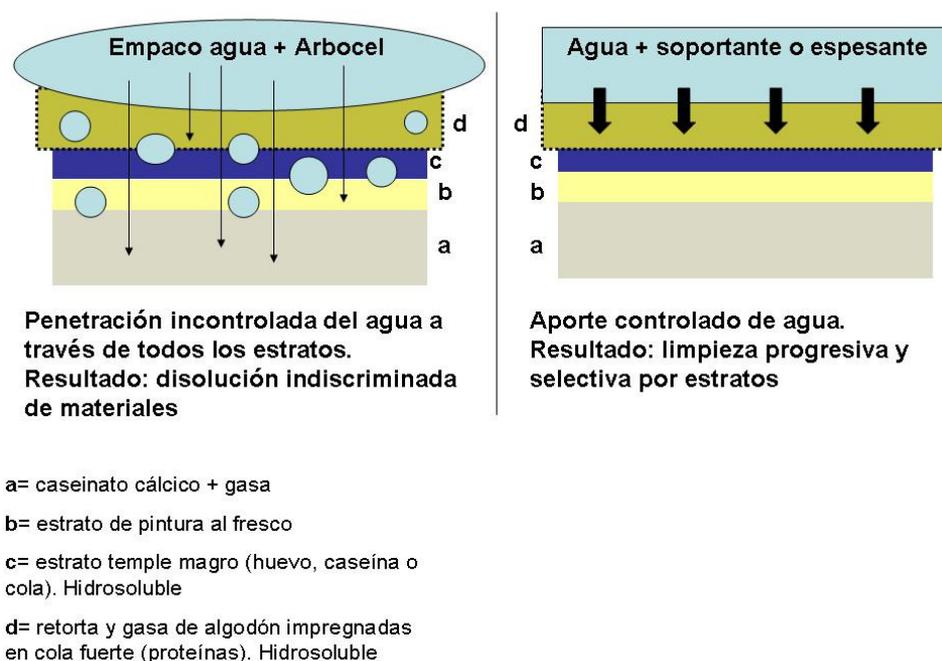


Figura 1. La penetración del agua a través de materiales hidrófilos y porosos

Desde un punto de vista químico, el agua es una molécula dipolar formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. El oxígeno es electronegativo y los hidrógenos ceden electrones al oxígeno, creando un polo positivo²⁷. Este tipo de compuesto puede actuar de dos modos. Por un lado puede provocar acciones físicas, solubilizando materiales polares o neutros a través de la disociación de especies iónicas (por ejemplo, el azúcar que inicialmente se encuentra en forma sólida, se solubiliza y polariza en contacto con el agua). Por otro lado, puede provocar acciones de tipo químico ionizando moléculas ionizables. Es la acción de los compuestos ácidos y básicos. En este caso las moléculas de las proteínas presentes en la cola animal aplicada en el *strappo*, en contacto con el agua son polarizadas e ionizadas: se rompen los enlaces químicos que las conforman y crean enlaces nuevos, apareciendo nuevas especies solubles. El poder disolvente del agua existe gracias a la combinación de ambas propiedades. Podremos observar una reacción u otra dependiendo del caso en el cual nos encontremos²⁸.

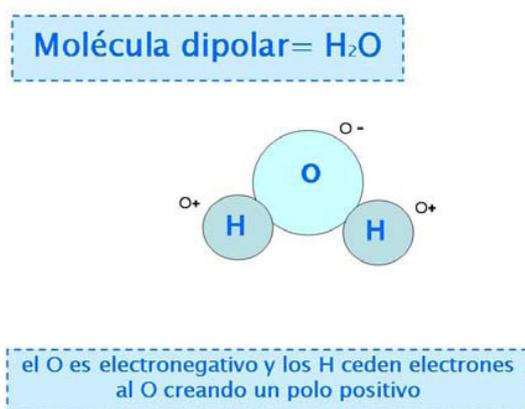


Figura 2. Esquema de la molécula del agua, el disolvente utilizado en el proceso de limpieza de la cola

²⁷ Información sobre el agua, sus características y comportamiento disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>> [consulta de 12 abril del 2013]

²⁸ CREMONESI, Paolo: *Modificar las propiedades y la acción del agua y de los disolventes orgánicos, incrementando su viscosidad gracias a los gelificantes*, Cesmar7- Centro per lo Studio dei Materiali per il restauro, diapositiva 1 ponencia 7/02/2008

Otra característica del agua es el pH²⁹, que puede ser ácido, neutro o básico. Su variación permite que el agua reaccione como ácido o como base. Esta propiedad permite solubilizar un material o preservarlo (intervalos de seguridad).

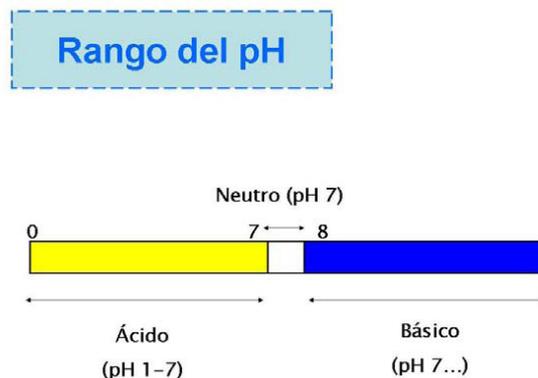


Figura 3. Escala de pH

En Restauración, los intervalos de seguridad del pH varían según los materiales que vayamos a intervenir. Es muy importante por tanto conocer el pH de los materiales constitutivos de la obra que queremos conservar y de las sustancias que queremos eliminar.

- pH ácido: en disolución ligeramente ácida ioniza sustancias básicas y sustancias anfóteras (sustancias con propiedad tanto ácida como básica).
- pH básico: en disolución acuosa ligeramente básica ioniza sustancias ácidas tales como aceites, resinas, polisacáridos (almidón, dextrinas, goma arábica), **proteínas (colas animales, caseína), huevo** (mezcla de ácidos grasos y proteínas) y sustancias anfóteras.

Para poder controlar y trabajar con disoluciones de diferente pH, es necesario utilizar soluciones tampón: soluciones que mantienen estable el pH aún cuando se les añade pequeñas cantidades de ácido o base. En nuestro caso queremos disolver la cola animal de las telas de arranque, y al mismo tiempo conservar un film pictórico con solubilidad similar (los temples de cola, caseína y huevo).

En el presente estudio se propone trabajar con disoluciones tampón básicas para aumentar la solubilidad de la gruesa capa de cola aplicada durante el proceso de arranque. Sin embargo, es fundamental aumentar la viscosidad del agua para evitar que ésta penetre de forma incontrolada y disuelva los temples.

²⁹ El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. Indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias. La sigla significa 'potencial hidrógeno', 'potencial de hidrógeno' o 'potencial de hidrogeniones'. Para más información sobre el pH consultar *Anexo VI. Elaboración de una solución tamponada a pH 8.5*

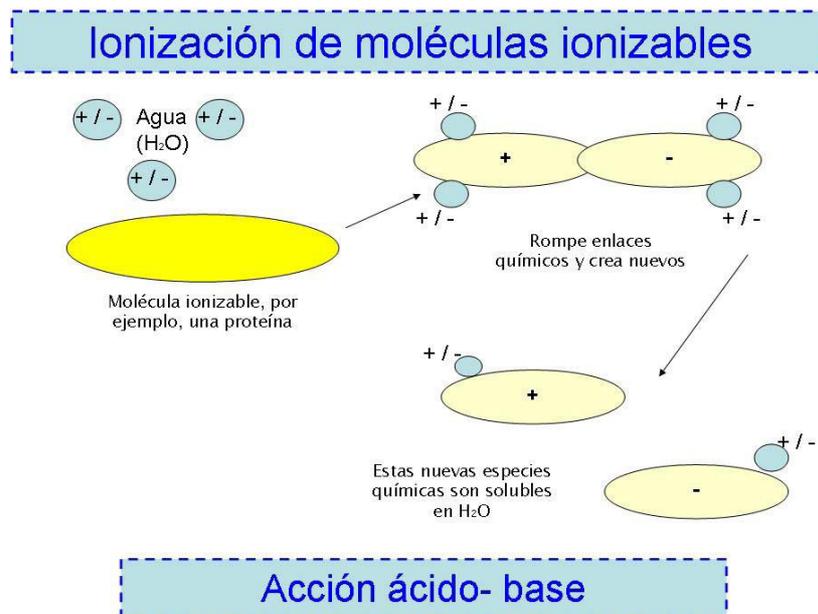
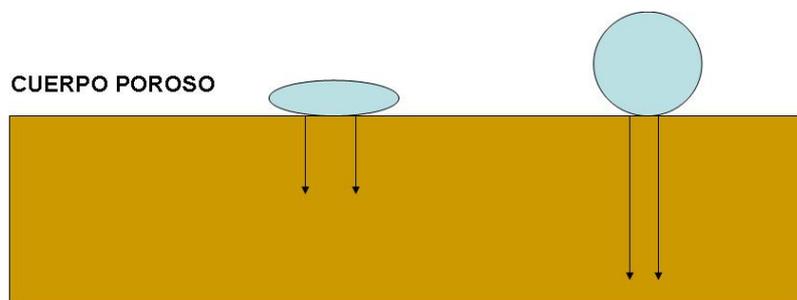


Figura 4. Acción química del agua

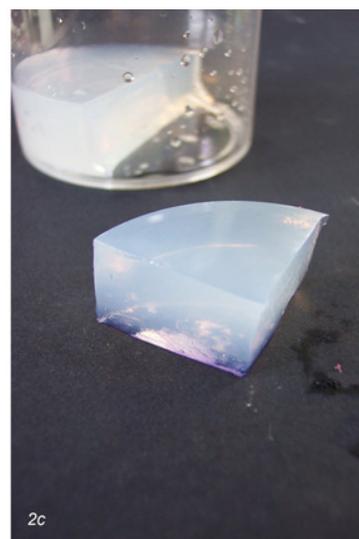
Desde un punto de vista físico el agua tiene una tensión superficial alta en relación a los materiales que componen las obras de arte tradicionales. La tensión superficial determina la forma con que un líquido moja y penetra en un cuerpo poroso. El agua forma un ángulo de contacto grande en las superficies pictóricas lo que le confiere un poder mojante escaso pero un ascenso capilar y una difusión altas. Como resultado el agua moja poco pero penetra y se difunde profundamente en los materiales, por lo que en el caso de una limpieza nuestra actuación en superficie es escasa y poco selectiva e incontrolada en los sucesivos estratos.



TENSIÓN SUPERFICIAL:		
	BAJA	ALTA
Ángulo de contacto:	pequeño	grande
Poder mojante:	bueno	escaso
Difusión:	escasa	fuerte
Ascenso capilar:	escaso	fuerte

Figura 5. Tensión superficial del agua y su efecto mojante y penetrante.

Para mejorar el poder mojante del agua y reducir su poder penetrante, se puede modificar su viscosidad, aumentándola con sustancias espesantes y soportantes. En esta investigación se decidió aplicar el agua mediante diferentes espesantes (sustancias macromoleculares que tienen la capacidad de formar soluciones de alta viscosidad) y soportantes (producto que retiene el líquido en superficie)³⁰. Se escogieron estas sustancias porque mejoran el poder mojante del agua, reducen su poder penetrante y ralentizan la evaporación del líquido. Antes de elegir un producto que modifique la viscosidad del agua hay que tener en cuenta que sólo puede actuar como espesante si cumple una serie de requisitos que permitan su manipulación. Es necesario que esté formada por una estructura macromolecular³¹, ya que su capacidad espesante es directamente proporcional al su peso molecular; las cadenas de polímero deben tener forma prácticamente lineal en solución; deben ser completamente solubles en un determinado líquido.



El control de la viscosidad del agua, mediante la gelificación, para localizar la acción e impedir la penetración. Gel a viscosidad: (a) media, con hidroxipropilcelulosa; (b) alta, con ácido poliacrílico; (c) altísima, con agar-agar (Fotografía: Paolo Cremonesi)

En la imagen que aparece en la página siguiente se puede observar un caso práctico donde se ha modificado la viscosidad del agua para controlar su acción disolvente y localizarla en superficie durante un proceso de limpieza. Se trata de un “gel rígido” compuesto por agua desionizada y agar-agar, puede ser un medio eficaz de aportar agua de forma 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.

³⁰ Información sobre soportantes y espesantes amplificada en el *Capítulo 4.2. Descripción de los soportantes y espesantes a testar*.

³¹ Estas sustancias espesantes sirven para este fin: diluyéndose en un determinado líquido aumentan su viscosidad. Esto sucede porque son polímeros, compuestos de macromoléculas. Cuando estas moléculas tienden a “estirarse” en una solución actúan como las fibras, volviendo la solución más viscosa. Información extraída de CREMONESI, Paolo: *Reflexiones sobre la limpieza de superficies policromadas*, 21 marzo 2011, [en línea]<http://unicum.cat/es/2011/03/reflexions-sobre-la-neteja-de-les-superficies-policromades-2/#_ftn17> [consultado 19 de mayo de 2013]



(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 estrado subyacente (Fotografía: Paolo Cremonesi)

Utilizar un disolvente como el agua en forma densificada, quiere decir que además del disolvente más o menos volátil, también aplicamos sobre la superficie un material sólido no volátil: el espesante. Existe la posibilidad de dejar residuo en la superficie, por lo que es necesario eliminar cuidadosamente las partículas sólidas. Un equipo de investigadores coordinado por Richard Wolbers³² en el *Getty Conservation Institute* (GCI) californiano, realizaron estudios para medir la cantidad de residuos que permanecen sobre una superficie pictórica tratada con un *Solvent Gel*³³. Los resultados han permitido determinar que la cantidad de residuos era realmente baja: pocas decenas de microgramos por centímetro cuadrado de superficie. 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. Además de conocer cuanto residuo se deja, es crucial determinar si este residuo es estable, si se degrada, y si puede interactuar con los materiales constitutivos. En este caso los estudios dieron resultados similares: los residuos de los *Solvent Gels* se demuestran inertes, y se degradan sin crear interferencias.

En el caso de nuestra investigación, el residuo será eliminado mediante hisopo de algodón en seco, o humedecido con agua desionizada. Tras la fase experimental se valora si el uso de los diferentes espesantes deja un residuo potencialmente dañino o por el contrario, es despreciable en comparación a las ventajas que supone su uso durante la investigación.

³² 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 química industrial, ha demostrado que el agua puede ser utilizada en condiciones de seguridad, como un disolvente o como un reactivo químico. Nos ofrece posibilidades de actuación muy interesantes en las limpiezas de materiales, como por ejemplo como medio para las enzimas, que pueden actuar donde ni los disolventes comunes ni las sustancias ácidas y bases onseguen ser eficaces.

³³ Para más información sobre investigaciones referentes al problema del residuo en el uso de espesantes y geles: DORGE, Valerie: Geles de limpieza, proyecto de investigación, Newsletter 15.3, otoño 2000, Getty Conservation Institute(GCI)[enlínea]<http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/15_3/news_in_cons.html> [consultado el 19 de mayo del 2013]

4.- FASE EXPERIMENTAL. TESTADO DE LOS SOPORTANTES Y ESPESANTES EN LA ELIMINACIÓN DE LAS TELAS DE ARRANQUE MEDIANTE *STRAPPO*

4.1- DESCRIPCIÓN DE LAS PROBETAS

Para testar los diferentes soportantes y espesantes en la eliminación de las telas de arranque realizado mediante la técnica de *strappo*, se preparó una pintura mural al fresco con acabados a seco de tres tipos: temple de cola, temple de caseína y temple de huevo. Estas técnicas pictóricas crean un estrato diferenciado del fresco que las hace más delicadas, además de ser sensibles al agua. De este modo, una vez realizado el arranque mediante *strappo* y llegado el momento de eliminar la cola utilizando agua con los diferentes soportantes y espesantes, se puede comprobar empíricamente su capacidad de retención en superficie, y observar la pérdida de la película pictórica al temple tras la limpieza.

Se elaboró un mural de 125 x 110 cm dividido en un total de 55 probetas de un tamaño aproximado de 10 x 20 cm cada una. Sobre la pintura al fresco, se han realizado 18 probetas de temple de cola, 18 de temple de caseína y 19 de temple de huevo. Tras tres semanas de secado, se arrancaron mediante *strappo* y se les aplicó caseinato cálcico por el reverso de la película pictórica arrancada para a crear un soporte resistente a la acción del agua³⁴.

4.2- DESCRIPCIÓN DE LOS SOPORTANTES Y ESPESANTES A TESTAR

Una vez simulado un arranque se testaron diferentes sistemas de limpieza con soportantes y espesantes escogidos.

Por **soportantes** se hace referencia a materiales inertes que mezclados con un líquido proporcionan una masa densa. En el campo de la Restauración hay numerosos productos que realizan esta función, porque existen procesos de intervención donde es necesario retener y/o soportar un líquido sobre una superficie. Se han escogido tres. El Arbocel® por ser el soportante habitual en los procesos de retirada de la cola mediante *strappo*, la sepiolita por tratarse de un inerte de uso frecuente en papetas y empacos de limpieza de pintura mural y el agar-agar, ya que se trata de uno de los soportantes que más retiene el agua, y por tanto más adecuados para efectuar limpiezas en superficie.

- **Arbocel®**: pulpa de papel constituida por fibras de celulosa altamente puras. Son obtenidas a mediante procesos químicos, donde son disueltos los compuestos extraíbles, además de la lignina y las hemicelulosas solubles. Se distingue por su alta pureza, neutralidad y estabilidad química. De naturaleza hidrófila, se hincha sin disolverse, por lo que es insoluble en la mayoría de disolventes orgánicos y en agua. En el ámbito de la Restauración se utiliza como carga en la preparación de papetas (empaco) para la limpieza de materiales pétreos y en pintura mural. Lo más habitual es mezclar las diferentes longitudes de fibra para crear una masa heterogénea que retenga el agua. Es muy utilizado porque se puede aplicar a temperatura elevada sin alterar su comportamiento químico al ser hidratadas³⁵.

- **Agar-agar**: es un polisacárido formado por unidades de D- y L- galactosa, calcio, magnesio, potasio y sodio. Es inoloro y soluble en agua caliente y no en fría. Atrapa las moléculas de agua en su estructura al bajar la temperatura, creando una red tridimensional que la retiene. Es por ese motivo por lo que se utiliza como estabilizador de compuestos y emulsionador en procesos de limpieza de pintura mural. Comercialmente se presenta en paquetes de finas membranas, tiras aglutinadas, copos, gránulos o en polvo, aunque su presentación no influye en su comportamiento. Puede tener un color amarillento o sin color³⁶.

³⁴ Más información sobre la ejecución de los diferentes estratos de las probetas en *Anexo II. Elaboración de las probetas*

³⁵ Ficha técnica Arbocel. Disponible en: <http://www.ctseurope.com/depliants/%7BD1083A0E-2206-48BF-B756-46D42F81C47E%7D_Pagine%20da%204.2%20pulpitura%20per%20impacchi%20-%20cariche-105.pdf> [consulta 18 de mayo de 2013]

³⁶ Ficha Técnica agar-agar: Disponible en: <<http://www.granelada.com/es/algas-marinas/924-comprar-agar-agar.html#.UZJeq6KctJs>> [consulta 19 de mayo del 2013]

- **Sepiolita**: arcilla con un contenido en dicho mineral superior al 50%. Su estructura le confiere la capacidad de crear suspensiones estables, que son poderosos decolorantes y absorbentes. Es una arcilla capaz de crear pastas y suspensiones de alta viscosidad con bajas concentraciones de sólido en comparación con otras arcillas. Es frecuente su uso como material constituyente de papetas en procesos de limpieza de superficies pictóricas³⁷.

Por **espesantes** se hace referencia a sólidos solubles que hacen que el líquido sea viscoso, formando soluciones espesas o geles. Este tipo de productos han sido introducidos en el campo de la Restauración con el objetivo de controlar mejor los parámetros de limpieza de materiales perjudiciales para las obras de arte, ya que se trata de sustancias capaces de retener agentes limpiadores en superficie. Un gel es un sistema coloidal formado por dos fases: fase continua (sólida) y fase dispersa (líquida). Presenta una densidad similar a los líquidos pero su estructura molecular es más parecida a los sólidos, ya que está formado por estructuras macromoleculares³⁸. El proceso por el cual se forma un gel se llama *gelación* y algunos de ellos pueden pasar del estado sólido al líquido si son agitados. Si soporta agua se denominan **geles de base acuosa**³⁹, que actúan “espesando el agua”.

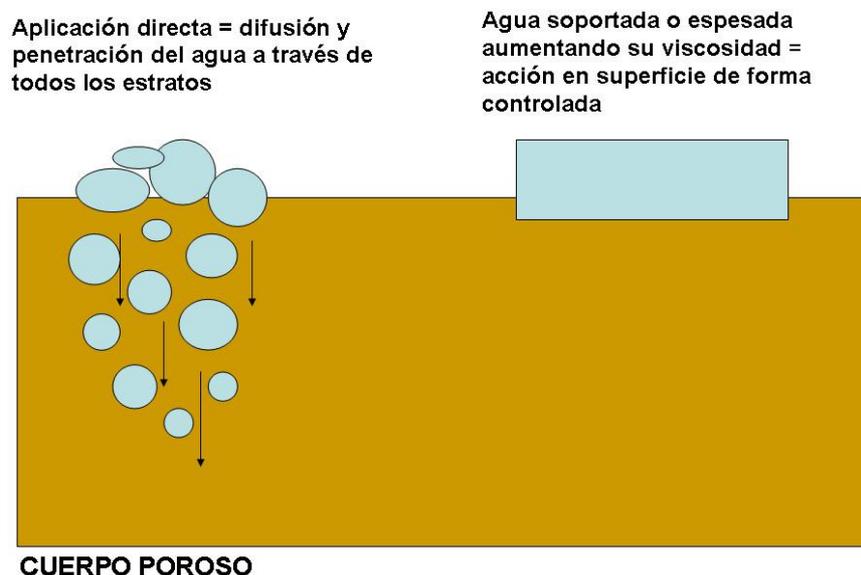


Figura 6. Acción del agua según su viscosidad aplicada sobre un cuerpo poroso como las probetas utilizadas. Imagen adaptada de Paolo Cremonesi

Podemos clasificar los materiales espesantes en dos grandes familias: los denominados gelificantes directos, espesantes que se añaden directamente al agua desionizada, y los gelificantes indirectos, sustancias ácidas o básicas que es necesario neutralizar previamente.

En el grupo de los **gelificantes directos** se encuentran aquellos formados por éteres de celulosa y polisacáridos. Algunos nombres comerciales son Klucel G®⁴⁰ (hidroxipropilcelulosa, HPC), Tylose® (metilcelulosa), Natrosol® (hidroximetilcelulosa) y Climal®

³⁷ BOTTICELLI, Guido: *Op. Cit.*, p.137

³⁸ Para más información sobre el agua ver *Capítulo 3.5. Métodos alternativos de limpieza. Fundamentos teóricos*

³⁹ Wolbers, R. C.: *Cleaning Painted Surfaces: Aqueous Methods*, London: Archetype Publications. 2000 y CREMONESI, Paolo: *Reflexiones sobre la limpieza de superficies policromadas*, 21 marzo 2011, [en línea]<http://unicum.cat/es/2011/03/reflexions-sobre-la-neteja-de-les-superficies-policromades-2/#_ftn17> [consultado 19 de mayo de 2013]

⁴⁰ En este experimental no se ha testado el espesante Klucel G® por varios motivos: necesita una mayor cantidad de producto para formar gel que el Vanzan® y el Carbopol Ultrez 21® y por tanto es menos viscoso; deja mucho residuo y; tiene adhesivos que pueden resultar peligrosos para la obra y soporta menor temperatura y rango de pH que los otros dos espesantes.

(metilhidroxipropilcelulosa, MHPC). En la presente investigación utilizaremos el gel conocido como **Vanzan®**, formado principalmente por goma xantano. Se ha escogido este polisacárido por sus propiedades idóneas, como facilidad de preparación, baja concentración de producto para proporcionar buena viscosidad y buena capacidad de retención (diluido al 0,5-1% en agua desionizada). Se hidrata de forma rápida a temperatura ambiente y tiene un fuerte carácter pseudo-plástico (se convierte en fluido bajo esfuerzo y se vuelve viscoso en estado de reposo) por lo que permite una adaptación a las superficies a limpiar. Para reactivar la cola de arranque necesitamos humectarla con agua caliente, y el Vanzan® permite trabajar con temperatura hasta los 60° C sin sufrir cambios en su viscosidad. Asimismo es estable en un amplio rango de pH (de 2 a 12).

En el grupo de los **gelificantes indirectos** destacaremos aquellos formados por **ácido poliacrílico**. Los nombres comerciales más conocidos son Pemulen® y **Carbopol Ultrez 21®**. Se utilizó este último como segundo espesante a testar. Se necesita poca cantidad para crear un gel mucho más denso que los gelificantes directos (1,5 gr. de producto en 100 ml. de agua desionizada). Tiene una viscosidad estable hasta pH 11. Sin embargo este ácido poliacrílico no gelifica directamente con agua, necesita neutralizarse con una base, como la trietanolamina (TEA) o hidróxidos (sodio o amonio)⁴¹.

Dosificando de forma adecuada la cantidad de ácido o base se pueden conseguir **geles con diferente pH adaptado al proceso de intervención**. En esta investigación los materiales de los temple y de la cola de arranque son proteínas, que se disuelven más fácilmente en **rangos de pH básicos**. El control del pH en el momento de la limpieza resulta esencial. El uso de **disoluciones tampón** permite preparar un valor exacto de pH y lo mantiene constante cuando la disolución entra en contacto con otras sustancias ácidas o alcalinas.

Los dos espesantes testados (Vanzan® y Carbopol Ultrez 21®) se pueden preparar a un pH deseado, en este caso pH 8.5 escogido expresamente para eliminar la cola del arranque, por medio de una disolución tampón.

4.3- REALIZACIÓN DE LAS PROBETAS

Como se ha explicado anteriormente (apartado 4.1), se han escogido tres tipos de temple magros (temple de cola, temple de caseína y temple de huevo) como representantes de las técnicas tradicionales a seco realizadas a lo largo de la historia en pinturas murales.

Sobre el muro se aplicó un mortero de cal y arena formando diferentes estratos: *arriccio* e *intonaco*. Sobre este último estrato se pintó mediante la técnica del *buon fresco* (mezcla de agua de cal y pigmentos naturales de origen mineral, principalmente tierra ocre y sombra natural). Debido al proceso de carbonatación de la cal la pintura pasó a formar parte del mortero del *intonaco* durante las siguientes semanas, creando un único estrato. Posteriormente se aplicaron sobre el fresco los diferentes temple magros: 18 probetas pintadas con temple de cola (pigmento azul cobalto), 18 con temple de caseína (Rojo de Marte) y 19 realizadas con temple de huevo (Tierra Siena)⁴².

⁴¹ Para más información sobre el uso del Carbopol Ultrez 21® consultar *Anexo IV. Elaboración de una disolución tamponadas a pH 8.5*

⁴² Información detallada sobre los materiales de todos los estratos en *Anexo I. Materiales constituyentes de las probetas* y detalles de la elaboración de los temple en *Anexo II. Elaboración de las probetas*.

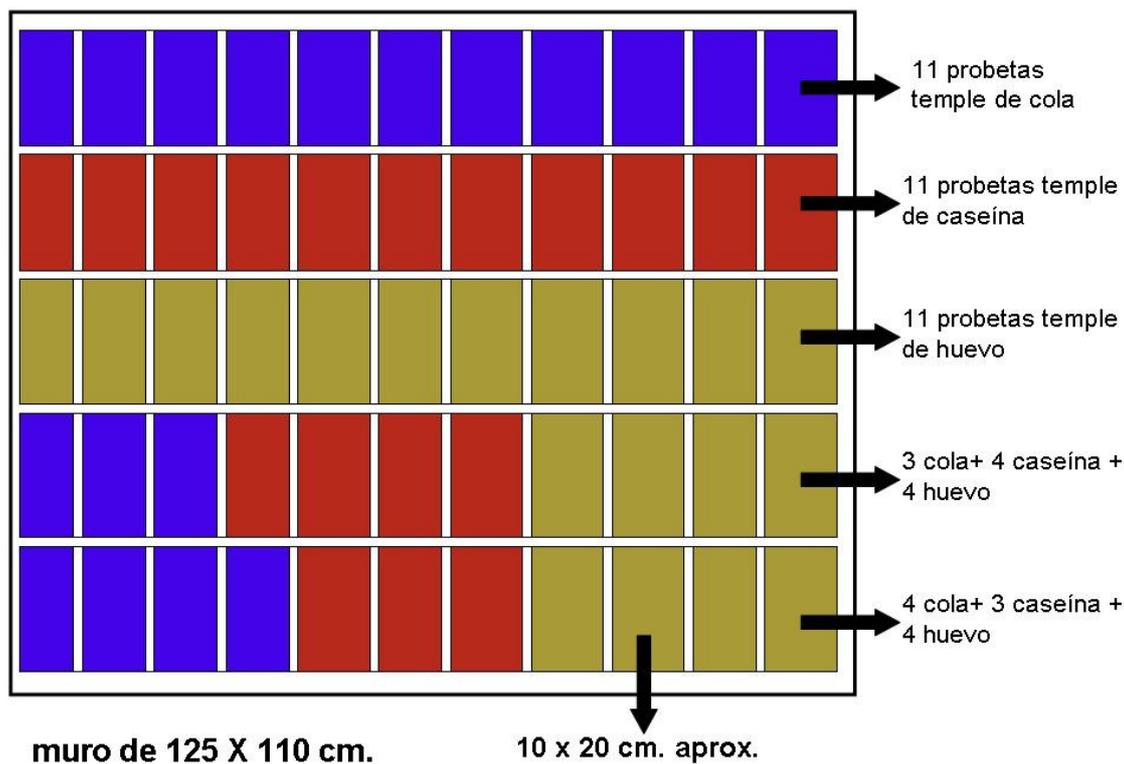


Figura 7. Esquema del mural al completo con los tres tipos de temple

Con este procedimiento se pretende crear estratigráficamente una pintura mural al fresco (prácticamente insoluble en agua) con diferentes acabados a seco, los cuales forman un estrato diferenciado e hidrosoluble que es susceptible de ser eliminado mediante una limpieza de las telas de arranque mediante el procedimiento conocido como *strappo*.

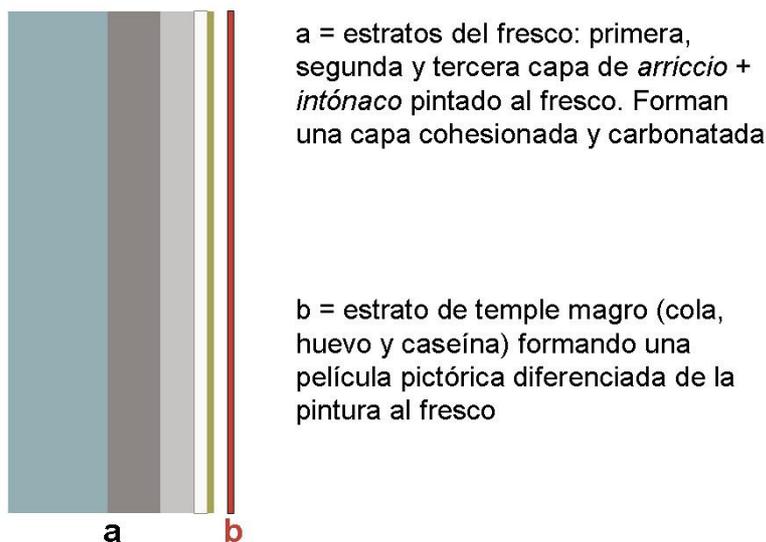


Figura 8. Estratos completos de las probetas sobre el muro

Tras la creación de las probetas, se procedió a su arranque mediante la técnica de *strappo* y se consolidó el reverso de la pintura arrancada con caseinato cálcico, dejando un mes de reposo para garantizar su completa carbonatación. Con este proceso se consigue la extracción de la pintura del muro y la creación de un soporte provisional formado por caseinato cálcico, que tiene un pH ligeramente ácido, por lo cual es menos hidrosoluble⁴³. Con estas acciones disponemos de una pintura mural al fresco con acabados a seco arrancada y preconsolidada, tal y como se aprecia en la Figura 10, apta para testar sobre ella los diferentes sistemas de limpieza escogidos.

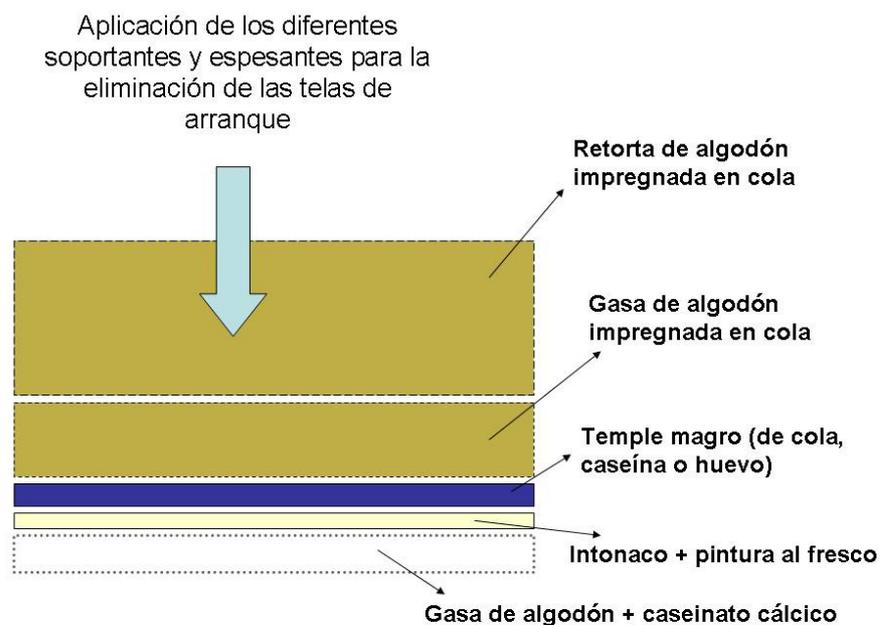


Figura 9. Estratos completos de las probetas tras el arranque mediante *strappo*

4.4- APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE LIMPIEZA: RESULTADOS Y OBSERVACIONES

Los materiales utilizados para eliminar las telas impregnadas en cola fuerte Zurich del arranque son cinco, tres soportantes (Arbocel®, agar-agar y sepiolita) y dos espesantes (Vanzan® y Carbopol Ultrez 21®). Se escogió como control el Arbocel®, ya que es el material comúnmente utilizado en este tipo de procedimientos.

Era necesario aplicar los productos en caliente para facilitar la reactivación de la cola presente en las telas de arranque. Se utilizó una lámpara de infrarrojos para mantener la temperatura en superficie y se usó un termómetro digital para medirla durante el proceso.

Se aplicaron los diferentes geles con el objetivo de efectuar una limpieza por estratos. En este caso se comenzó reactivando y eliminando la cola del arranque y la retorta de algodón, posteriormente la gasa y finalmente se trabajó sobre los restos de cola de arranque que permanecían en la superficie de los temples, como se puede ver en la Figura 9. En cada caso se pretendió llegar a la eliminación total de restos de cola sobre la superficie de los temples, ya que pueden causar problemas sobre el film pictórico una vez secos, pues contraen causando desprendimientos, descamaciones, pasmados, blanqueamiento y amarillamiento de la superficie.

⁴³ Más detalles sobre el proceso en *Anexo III. Ejecución del strappo y aplicación del caseinato cálcico en el reverso.*

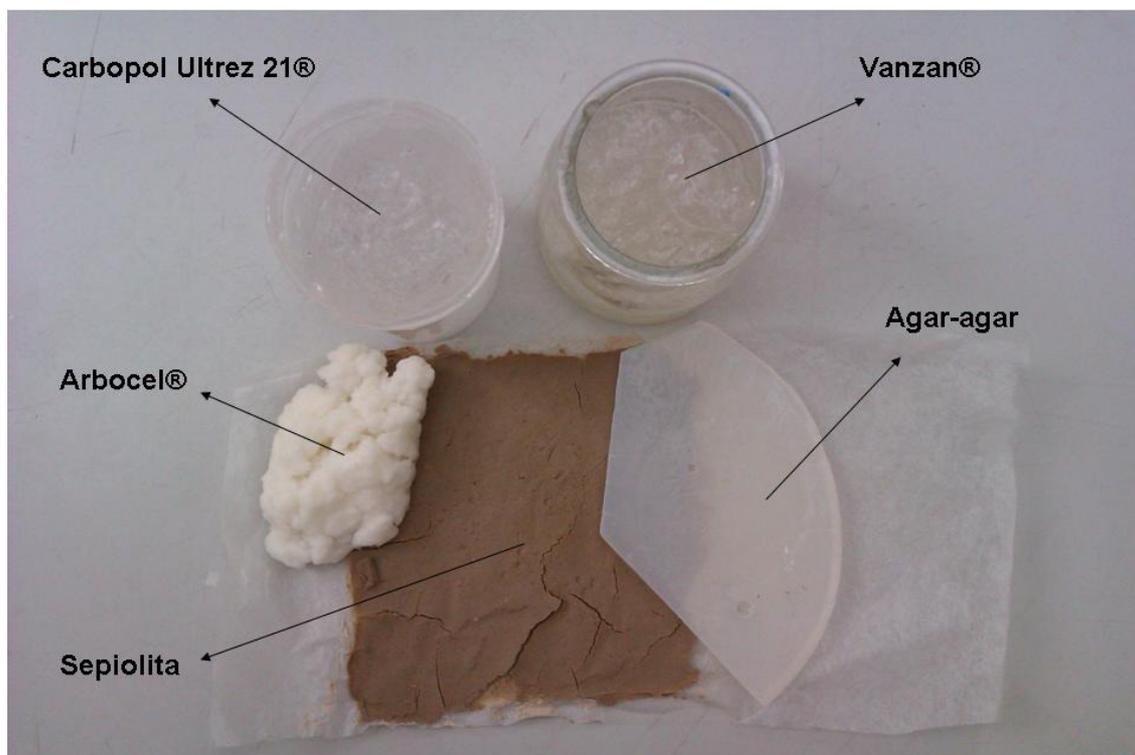


Imagen de todos los soportantes y espesantes utilizados

4.4.1- APLICACIÓN DE ARBOCEL (CONTROL): ARBOCEL BW40, BC 200 y BC1000

Materiales:

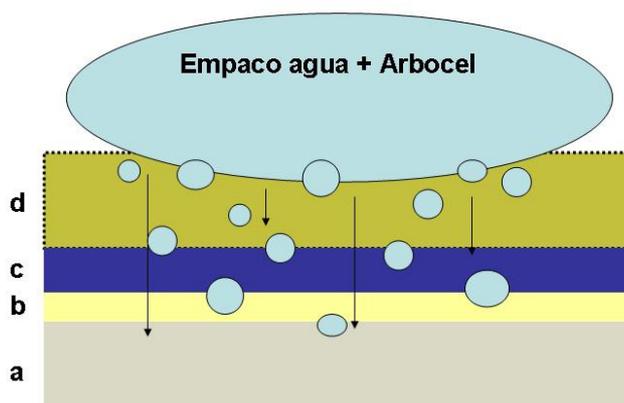
- báscula
- termómetro
- pH metro
- hornillo
- lámpara infrarrojos
- guantes
- esponja
- agua desionizada
- superficie con rejilla

Procedimiento:

Se colocan las tres probetas, cada una correspondiente a una técnica al temple distinta (cola, huevo y caseína), sobre una superficie con rejilla para escurrir el posible exceso de agua.

Tras calentar el agua desionizada en un cazo, hasta alcanzar una temperatura aproximada de 60-70°C, se mezclan las diferentes longitudes de fibra del Arbocel ® en un recipiente y se añade poco a poco el agua hasta hidratarlas, pero evitando un excesivo aporte de agua. Se aplica la mezcla hidratada directamente sobre las probetas y se deja actuar el tiempo necesario. Una vez reblandecida la cola del arranque, se elimina la tela y la gasa y se lava cuidadosamente la superficie del temple con una esponja y agua caliente, retirando poco a poco los restos de cola sobre la superficie. En las partes más delicadas se utiliza vapor de agua para reblandecer la cola en superficie y poder eliminarla.

	Concentración H ₂ O / sustentante	Rango de pH	Temperatura	Tiempo
ARBOCEL®	Mezcla aleatoria de los tres tipos de fibra, hasta conseguir una masa heterogénea	Agua desionizada sin tamponar, con un pH aproximado de 6.5-7	En el momento de preparación de la mezcla el agua está a 65-70°C	10 minutos sobre telas de arranque, 20 minutos retirando cola de la superficie de los temple



- a** = caseinato cálcico + gasa
- b** = estrato de pintura al fresco
- c** = estrato temple magro (huevo, caseína o cola)
- d** = retorta y gasa de algodón impregnadas en cola fuerte (proteínas)

Figura 10. Estratos las probetas testadas con Arbocel® de diferentes longitudes de fibra



Arbocel® de diferentes longitudes de fibra y su hidratación con agua desionizada

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



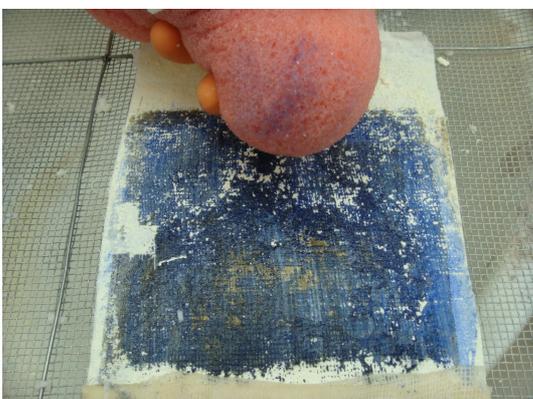
Aplicación del Arbocel® sobre la superficie de las telas de arranque y la temperatura en el momento de aplicación



Retirada de la retorta, dejando al descubierto la gasa impregnada en cola, la medición de la temperatura tras el paso de tiempo nos demuestra que es un parámetro difícil de controlar sin instrumental que la mantenga constante



Retirada de la retorta encolada en los temples de caseína (izquierda) y huevo (derecha)

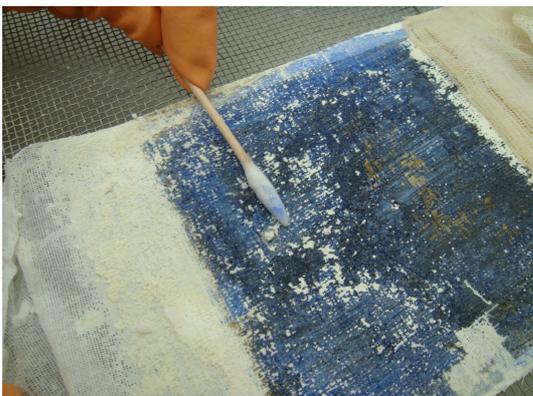


Momento de retirada de la gasa tras su humectación a través de esponja, se puede observar la pérdida de pigmento (izquierda) y la disgregación de todos los estrato(derecha) debido a un aporte poco controlado de agua en una superficie hidrosoluble

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Uso de vapor de agua sobre la superficie pictórica para eliminar los restos de cola. A pesar de aplicarla vaporizada, el aporte de vapor es incontrolable



Pérdida de pigmento y aglutinante tras la retirada de la cola



Aspecto final del temple de huevo tras la retirada de las telas de arranque: restos de mortero desprendido y lagunas debidas a la disolución del aglutinante



Penetración incontrolada del agua, llegando incluso al estrato final formado por la gasa y el caseinato cálcico

Resultados:

Se separaron y eliminaron fácilmente las telas de arranque al aplicar el agua caliente, ya que aunque el agua se aplicó a un pH neutro, la temperatura era elevada. Sin embargo, a pesar de soportar el agua con Arbocel® ésta penetra de forma incontrolada, llegando incluso a los estratos finales y el caseinato cálcico. No se utiliza este material directamente sobre la superficie pictórica, ya que supone un aporte excesivo de agua. Por este motivo se humedece la superficie con esponja y vapor de agua para retirar los excesos de cola. Aunque se aplica el agua de forma más cuidadosa no se controla su acción sobre una superficie tan delicada como los temples, por lo que se solubilizan parcialmente.

Los temples de huevo y cola son los más delicados a este procedimiento, debido a su propia naturaleza y compatibilidad con los materiales del *strappo*. El temple de caseína resulta más resistente debido a su aglutinante menos soluble en agua.

Conclusiones:

Es un procedimiento cómodo y que no necesita gran cantidad de materiales ni despliegue de instrumental. Es efectivo retirando los estratos más gruesos pertenecientes a la retorta y la gasa impregnadas en cola gracias al aporte de agua caliente. Sin embargo, no se puede controlar su acción a través de los estratos ni permite seleccionar qué materiales eliminar. Es especialmente complicada la limpieza de los residuos de cola de arranque de la superficie pictórica. Al tratarse de temples solubles en agua, son muy susceptibles de ser disueltos y se producen pérdidas de pigmento e incluso de mortero. Esto sucedería en menor medida si estuvieran protegidos con algún producto consolidante, pero no se puede ignorar que el procedimiento en sí no permite un control de la penetración de agua por todos los estratos. El uso de accesorios de limpieza como la esponja y el vaporizador de agua, no resultaron lo suficientemente adecuados para el control de la operación de limpieza. El riesgo de pérdida de superficie pictórica es muy elevado, especialmente en los temples aglutinados con cola y huevo. En caso de trabajar sobre obra real deberían plantearse otros métodos de retirada de la cola más seguros y controlados.

4.4.2- APLICACIÓN DEL EMPACO DE SEPIOLITA

Material:

- sepiolita
- agua desionizada
- papel japonés
- Melinex ®
- lámpara de infrarrojos

Procedimiento:

Se hidrata la sepiolita con agua desionizada hasta crear una pasta flexible y moldeable, evitando que quede excesivamente seca y al mismo tiempo controlando el exceso de agua. Se colocan las probetas bajo la lámpara de infrarrojos, de este modo se calienta la superficie y las telas de arranque para reactivar lentamente la cola. Se aplica manualmente el empaco de sepiolita hidratada sobre el papel japonés, cortado a medida y dispuesto sobre cada una de las probetas. Una vez extendido, se tapa con Melinex ® para evitar una rápida evaporación de agua. Finalmente, se deja actuar el tiempo necesario y se retira una vez reblandecida la superficie encolada.

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

	Concentración H2O / sustentante	Rango de pH	Temperatura	Tiempo
SEPIOLITA	Mezcla manual de inerte y agua desionizada hasta conseguir una masa plástica y flexible	Agua desionizada sin tamponar, con un pH aproximado de 6.5-7	35 -40°C	20 minutos sobre telas de arranque, 20 minutos retirando cola de la superficie de los temples con otros procedimientos

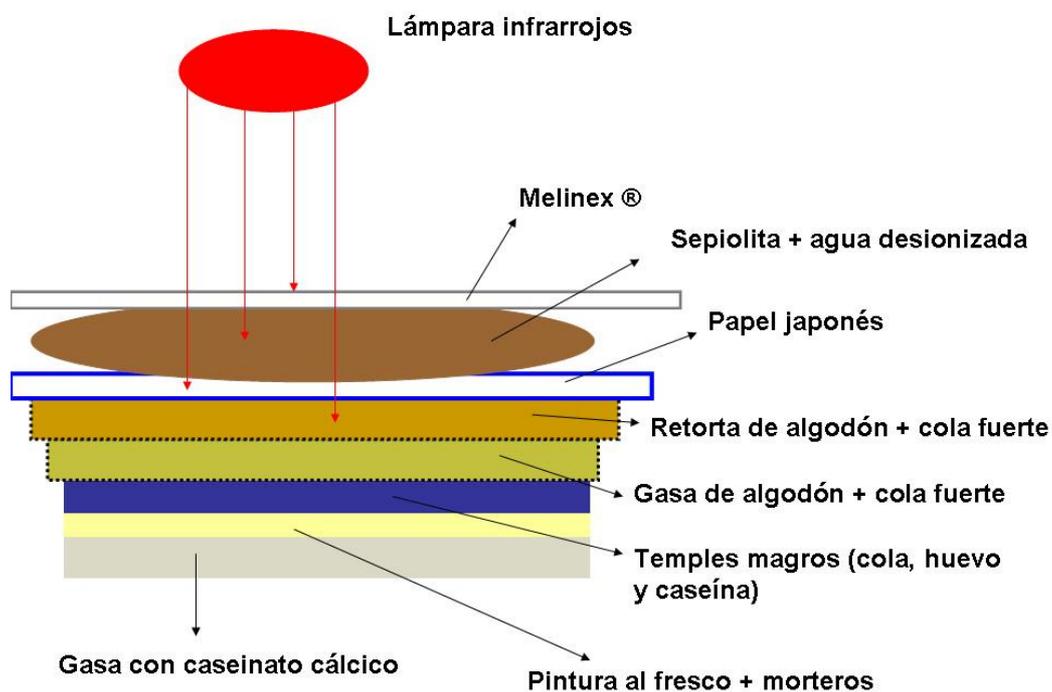
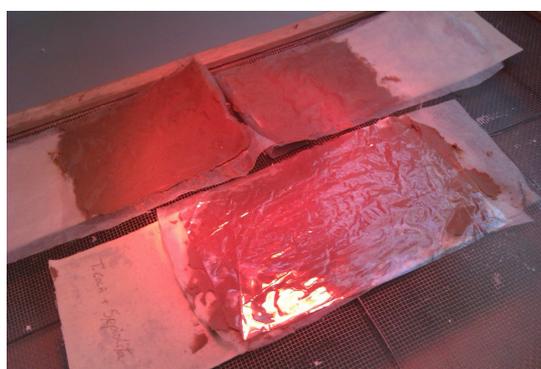
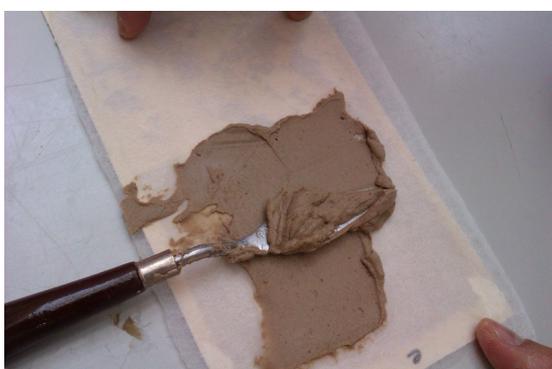
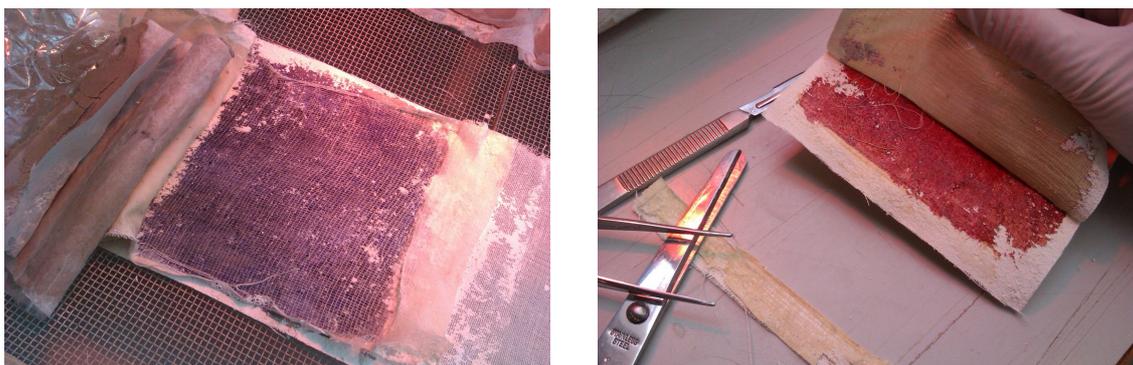


Figura 11. Estratos de las probetas testadas con sepiolita



Aplicación de la sepiolita hidratada mediante espátula y aspecto de las tres probetas bajo la lámpara de infrarrojos



Retirada de la retorta en el temple de cola, dejando al descubierto la gasa (izquierda) y eliminación de la gasa en el temple de caseína (derecha): la humectación desigual provoca tensiones que producen pérdida de pigmento y mortero

Resultados:

El empaco de sepiolita reactiva la cola de la retorta, pero no la gasa situada directamente sobre los temples. En este nivel la cola se encuentra brillante y pegajosa, pero no puede ser retirada, pues se necesita tracción y un aporte de tensión mecánica excesivo produce pérdida de pigmento e incluso de partes de mortero. Es necesario un nuevo aporte de agua para poder trabajar y eliminar la cola de la gasa.

Conclusiones:

La sepiolita permite escoger las características físicas del empaco, haciendo una pasta más o menos flexible o más o menos hidratada. Sin embargo, es necesario una gran cantidad de material para soportar el agua. No deja mucho residuo gracias a la acción del papel japonés, que actúa como barrera frente al aporte excesivo de agua y filtra al mismo tiempo las partículas de inerte del empaco. Sin embargo es difícil adaptar la pasta a la superficie, por lo que reactiva la cola de forma desigual, provocando la aparición de fragmentos sin hidratar, tensiones e incluso tracción en algunas partes. Este hecho hace necesario un nuevo aporte de agua desionizada, que aunque sea gradual no es controlado y no permite actuar sobre la gasa impregnada en cola y la superficie de los temples.

Por otro lado, es necesario mayor tiempo de aplicación sobre las probetas, pues evapora parte del agua debido a la acción térmica de la lámpara infrarroja (pasados pocos minutos la sepiolita no puede retener el agua que comienza a evaporar) y al aplicar agua sin tamponar, se encuentra a un pH menor que el necesario para retirar la cola de las telas de arranque, por lo que actúa más lentamente.

4.4.3 - APLICACIÓN DEL GEL DE VANZAN ®

Materiales:

- Vanzan®: 2 gr. en 100 ml. H₂O
- 100 ml. agua desionizada y tamponada a pH 8.5
- termómetro
- brocha
- Melinex ®
- lámpara de infrarrojos
- balanza
- hisopos de algodón

Procedimiento:

Añadir 2 gramos de Vanzan® en 100 ml. de agua desionizada y tamponada a pH 8.5⁴⁴ y mezclar cuidadosamente hasta su completa gelificación. Se calienta al baño María hasta alcanzar una temperatura aproximada de 60°C. Se colocan las probetas de los diferentes templees bajo la lámpara de infrarrojos para calentar la superficie encolada de las telas de arranque y evitar un descenso de la temperatura del gel al aplicarlo sobre las probetas frías. Se aplica el Vanzan hidratado y caliente a brocha, directamente sobre la superficie de las probetas y se cubre con Melinex®. Se deja actuar hasta reactivar la superficie encolada.

	Concentración H2O / sustentante	Rango de pH	Temperatura	Tiempo
VANZAN®	2 gr. en 100 ml. H ₂ O desionizada	Agua desionizada tamponada a pH 8.5	35 -40°C en superficie de las probetas + 60°C en gel	5 minutos sobre telas de arranque

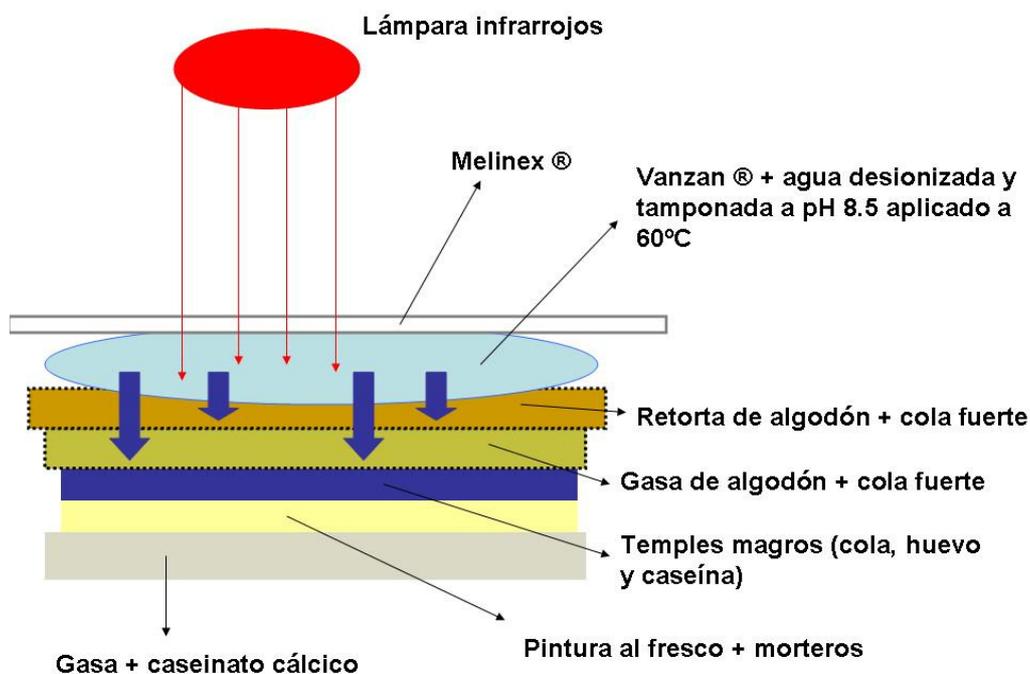


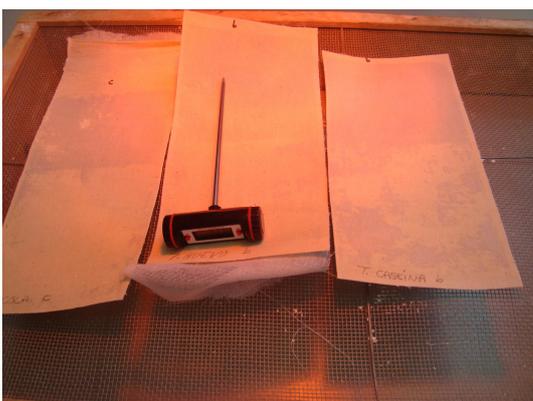
Figura 12. Estratos de las probetas testadas con Vanzan®

⁴⁴ Para conocer el procedimiento de elaboración de las soluciones tampón consultar Anexo IV. Elaboración de una solución tamponada a pH 8.5.

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Aspecto del Vanzan® al ser hidratado en agua (izquierda) y tras su preparación (derecha)



Probetas bajo la luz de la lámpara de infrarrojos para mantener la superficie a una temperatura elevada y controlada en el momento de la aplicación del Vanzan®



Probetas bajo la lámpara de infrarrojos con el Vanzan®, aplicado a brocha sobre la superficie del arranque y cubierto con Melinex® para evitar la evaporación del agua de la superficie a limpiar



Retirada de la retorta sobre temple de cola (izquierda) y eliminación de la gasa encolada en el temple de caseína (derecha). El Vanzan® retiene el agua tamponada en superficie y permite actuar por capas, evitando la adicción incontrolada de agua y su disgregación por todos los estratos

Resultados:

El Vanzan® retiene el agua en superficie aumentando la capacidad mojante del agua al mismo tiempo que disminuye su acción penetrante. Con poco tiempo de contacto es capaz de reactivar la cola de las telas de arranque, tanto la retorta como la gasa. Se retira limpiamente y en bloque, sin necesidad de acción mecánica con hisopo. La retorta y la gasa pueden eliminarse conjuntamente o por estratos. Los residuos de cola que permanecen en la superficie de los temples aparece hinchada y no pegajosa, por lo que puede retirarse fácilmente con hisopo ligeramente humedecido e agua desionizada y tamponada a pH 8.5.

Debido a la porosidad de la superficie a limpiar, no se puede aplicar el gel de Vanzan® directamente sobre la película pictórica de los temples, debido al peligro de dejar residuo del producto de limpieza que podría ser atacado por microorganismos. Por este motivo, es un excelente producto para aplicar sobre las telas impregnadas en cola, pero para la eliminación de los restos de cola sobre los estratos más delicados, como la superficie de los temples, se decidió utilizar otro sistema de limpieza con agar-agar, descrito en el punto 4.4.5.

Conclusiones:

El Vanzan® es un excelente soportante de agua, fácil de preparar y con cualidades tixotrópicas que permiten que se adapte a la superficie a limpiar, mojando de forma homogénea y controlada. Este hecho, junto con la posibilidad de trabajar con agua tamponada, facilitó la retirada de la cola, pues al utilizar pH alto su acción disolvente fue más rápida. Se pudo comprobar que el Vanzan® permite trabajar por estratos, pudiendo escoger retirar ambas telas de arranque en una única acción o extraer primero la retorta y posteriormente la gasa.

A pesar de no poder utilizarse directamente sobre la superficie pictórica debido al problema del residuo, permite eliminar las telas de arranque y llegar a un punto de la intervención donde se puede plantear otro sistema de limpieza para eliminar los restos de cola sobre la superficie de los temples.

4.4.4 - APLICACIÓN DEL GEL DE CARBOPOL ULTREZ 21®

Materiales:

- Carbopol Ultrez 21®
- agua desionizada y tamponada a pH 8.5
- Melinex®
- balanza
- lámpara de infrarrojos
- hisopos de algodón

Procedimiento:

Se hidrata el Carbopol Ultrez 21® con agua desionizada y tamponada a pH 8.5⁴⁵ preparando un gel. Se colocan las probetas de los diferentes temples bajo la lámpara de infrarrojos para calentar la superficie encolada de las telas de arranque y evitar un descenso de la temperatura del gel sobre las probetas frías. Se aplica el agua espesada y tamponada a brocha, directamente sobre la superficie a limpiar formando una capa gruesa e uniforme. Se cubre con Melinex® para evitar evaporación de agua y se deja actuar hasta observar que la superficie de las telas de arranque comienza a reactivarse.

⁴⁵ Para más información sobre preparación del Carbopol Ultrez 21® consultar *Anexo IV. Elaboración de una solución tamponada a pH 8.5.*

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

	Concentración H ₂ O / sustentante	Rango de pH	Temperatura	Tiempo
CARBOPOL ULTREZ 21®	2 gr. en 100 ml. H ₂ O desionizada	Agua desionizada tamponada a pH 8.5	35 -40°C en superficie de las probetas	5 minutos sobre telas de arranque, 20 minutos retirando cola de la superficie de los temples con agar-agar

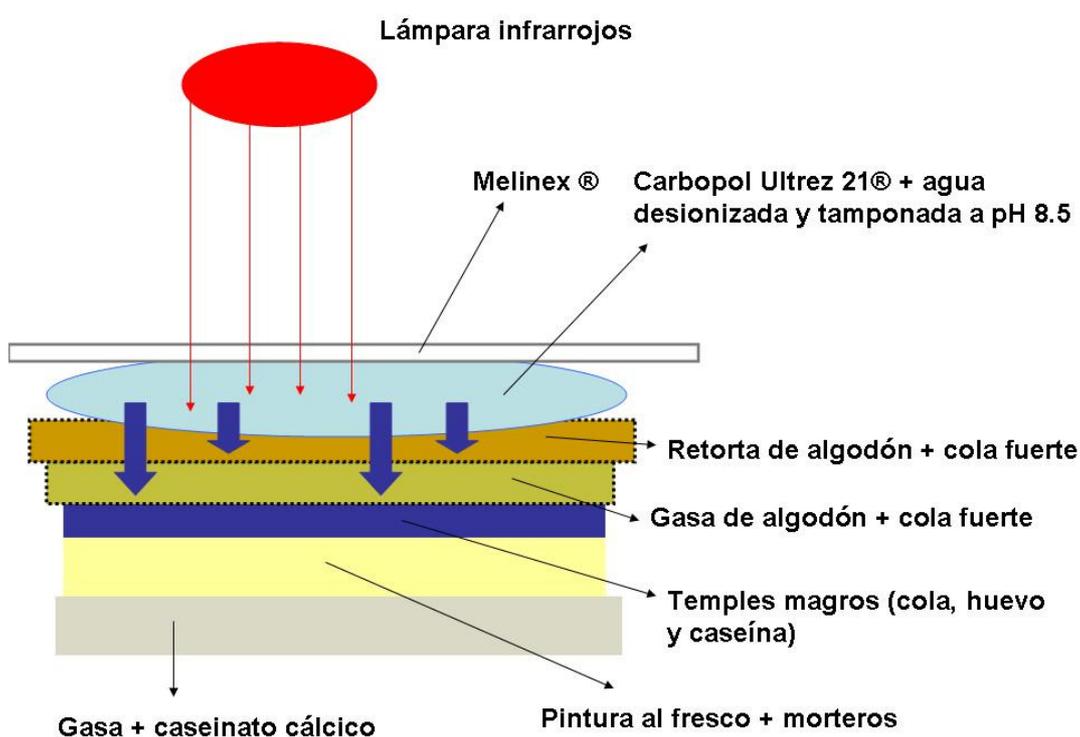


Figura 13. Estratos de las probetas testadas con Carbopol Ultrez 21®



Añadido del Carbopol Ultrez21® al agua tamponada a pH 8.5. Debe hidratarse lentamente para evitar la formación de grumos

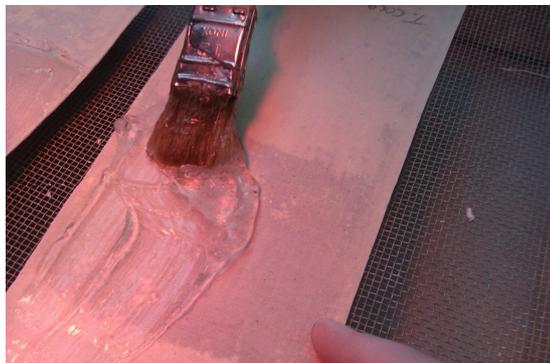
Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



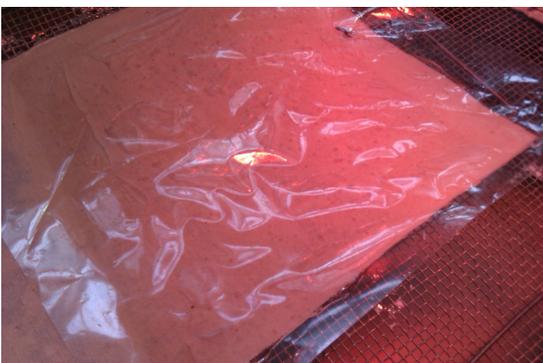
Al tratarse de un ácido poliacrílico tiene un pH ácido, por lo que es necesario añadirle gotas de NaOH 1M para que se torne básico y espese hasta alcanzar el pH 8.5



Se añade agua tamponada a pH 8.5



Aplicación del gel de Carbopol Ultrez 21® sobre las probetas calentadas bajo los rayos de la lámpara de infrarrojos



Superficie cubierta con Melinex® para favorecer la retención de agua en el gel (izquierda) y eliminación de la retorta en el temple de cola (derecha). Al actuar en superficie, el Carbopol Ultrez 21® hincha la cola por estratos y permite una acción controlada y una limpieza progresiva

Resultados:

Tras cinco minutos se puede retirar la retorta impregnada en cola sin dificultad, dejando al descubierto la gasa con cola hinchada. Dejando actuar diez minutos se pueden retirar ambas telas sin dificultad. El Carbopol Ultrez 21® retiene fuertemente el agua tamponada incluso mejor que el Vanzan®, por lo que permite trabajar más cómodamente por estratos, especialmente en las capas gruesas de cola. El Carbopol Ultrez 21® aumenta el poder mojante del agua y reactiva la cola en superficie, dejando restos de cola hinchada, fáciles de retirar con hisopo seco. En la superficie pictórica de los temples sucede lo mismo que con el Vanzan®: existe el riesgo de dejar residuos. A esto hay que añadir el hecho de que se trata de un ácido poliacrílico, por lo que los posibles restos que quedaran en superficie se volverían ácidos con el paso de tiempo, pudiendo causar daños en la superficie de los temples y del fresco.

Por este motivo una vez eliminadas las telas de arranque y alcanzada la superficie pictórica de los temples con restos de cola, se elige continuar el proceso de limpieza con otros sistema. Tal y como en el caso del Vanzan® se escoge un gel de agar-agar, descrito a continuación en la sección 4.4.5.

Conclusiones:

El Carbopol Ultrez 21® tiene un proceso de elaboración más complejo para crear el gel tamponado al pH deseado. Sin embargo, es el producto espesante que mejor retiene el agua, actuando de forma más efectiva en las capas de retorta y gasa. Es por tanto el material más efectivo para retirar las capas de cola más gruesas. Por otro lado, al igual que con el Vanzan®, no puede aplicarse directamente sobre la superficie de los temples, pero permite trabajar cómodamente junto con otros geles rígidos, como el agar-agar. La combinación de ambos productos permite retirar los diferentes estratos de cola de forma controlada y progresiva, hasta su total eliminación.

4.4.5 - APLICACIÓN DE PLACAS DE GEL RÍGIDO DE AGAR-AGAR

Materiales:

- 3.5 gr. agar-agar
- 100 ml. agua desionizada
- microondas
- báscula
- recipiente flexible
- bisturí
- hisopos de algodón
- papel japonés

Procedimiento:

Se hidrata el agar-agar con agua desionizada y se calienta en el microondas hasta disolverlo completamente. Se remueve y se vierte en un recipiente flexible. Una vez frío, se convierte en un material rígido que contiene agua y permite ser aplicado directamente sobre la superficie a limpiar. Según se desee mayor o menor grado de retención de agua, se añade de 2 a 4 gramos de agar-agar. En este caso se trabaja sobre las capas más delicadas de los arranques: la gasa impregnada en cola y directamente sobre la superficie de los temples. Por este motivo, se necesita una densidad elevada.

El gel de agar-agar retiene mucho el agua por lo que no es adecuado para la eliminación de la retorta de algodón de las probetas. Esta se elimina más fácilmente con otros espesantes, como el Vanzan® y el Carbopol descritos anteriormente en las secciones 4.4.3 y 4.4.4. Por tanto, el gel rígido de agar-agar se aplicó directamente sobre la superficie pictórica con y sin la gasa de arranque para remover y retirar los residuos de cola. Se deja actuar el tiempo necesario (en este caso, entre 2 y 5 minutos), se levanta y se extrae la cola hinchada con hisopo seco o ligeramente humedecido en agua desionizada. Se repite la operación, trabajado por estratos, hasta la completa eliminación de la cola.

	Concentración H ₂ O / sustentante	Rango de pH	Temperatura	Tiempo
AGAR-AGAR	3.5 gr. en 100 ml. H ₂ O desionizada	Agua desionizada tamponada a pH 7	70-90°C del agua para para facilitar la disolución de agar-agar. Aplicado a T ambiente	10 minutos sobre la gasa impregnada en cola, 5 minutos sobre la superficie pictórica

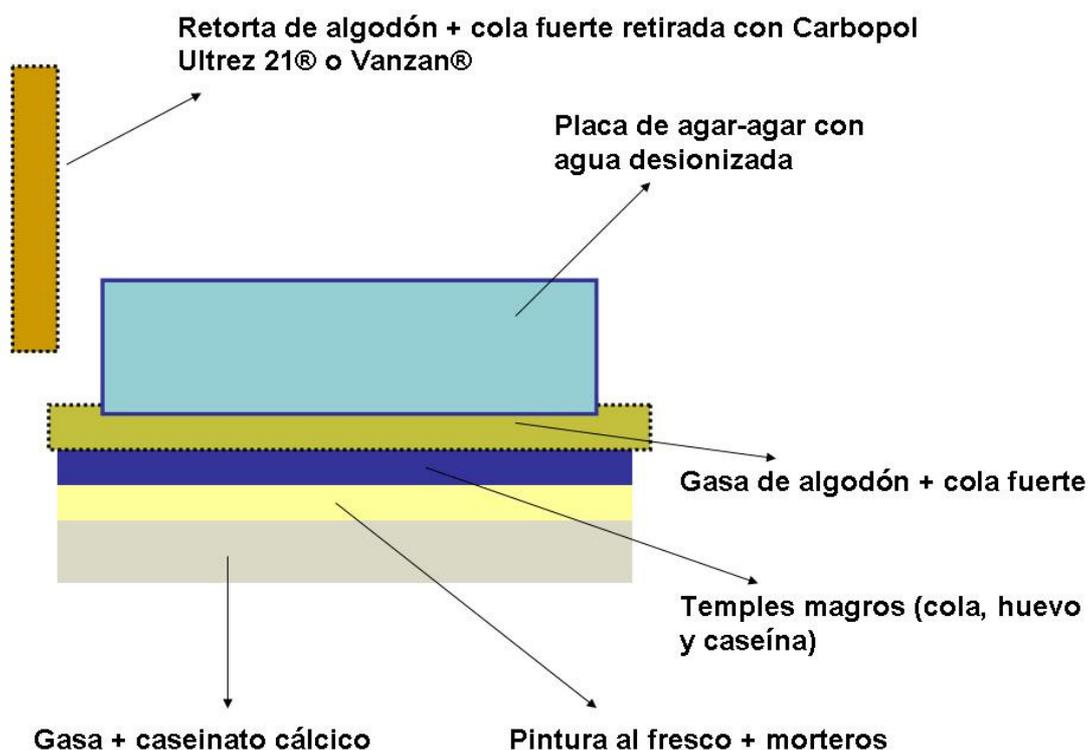
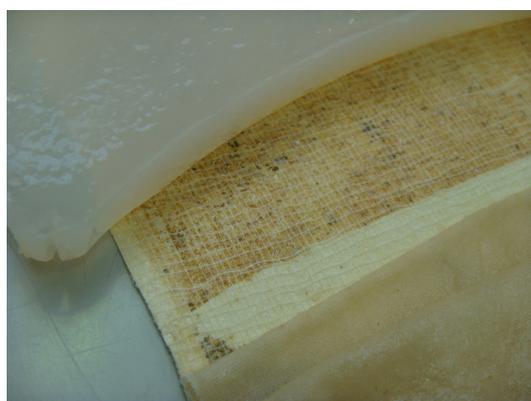
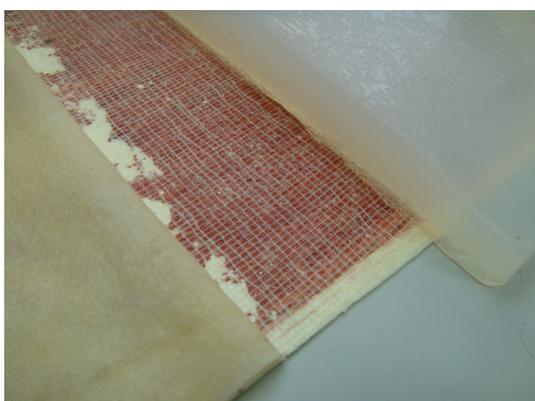


Figura 14. Estratos de las probetas testadas con agar-agar sobre la gasa impregnada en la cola de arranque

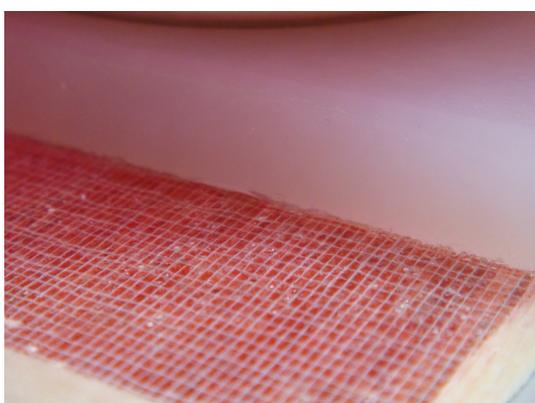


Aplicación del agar-agar sobre la gasa impregnada en cola en los temple de caseína (izquierda) y huevo (derecha). La aplicación de agua soportada en superficie facilita el hinchamiento de la cola evitando la solubilización del aglutinante de los temple

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Placa de agar-agar con agua tamponada sobre la gasa impregnada en cola en el temple de cola (izquierda) y fotografía macro donde aparecen restos de cola sobre la superficie de la placa de agar-agar, observando que atrae hacia sí el material que queremos eliminar



Fotografía macro donde se aprecia la actuación del agar-agar en superficie en el temple de caseína (izquierda) y eliminación de la cola hinchada de la gasa mediante hisopo seco (derecha)



Limpieza progresiva de la cola hinchada en superficie en los temples de huevo (izquierda) y de caseína (derecha)

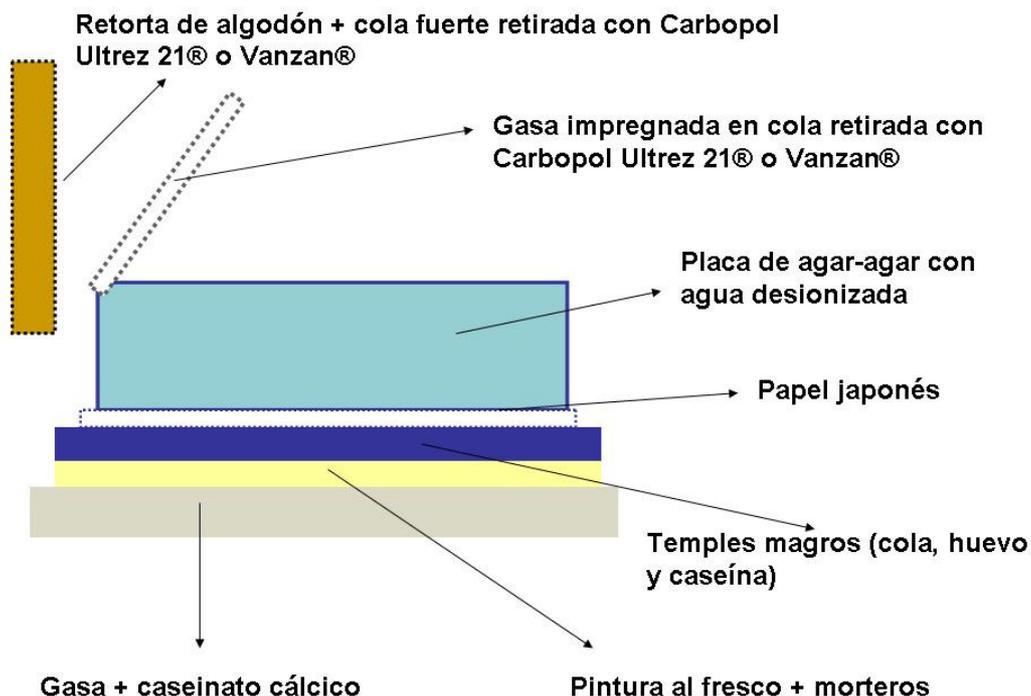
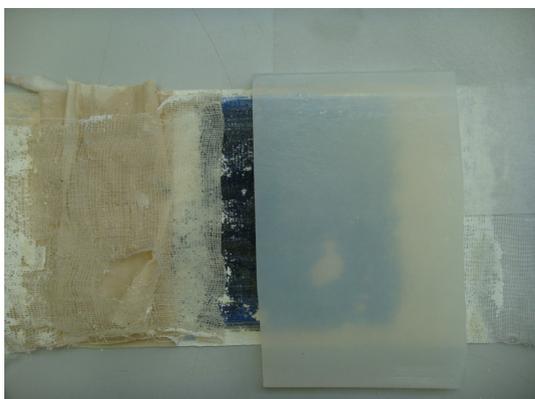
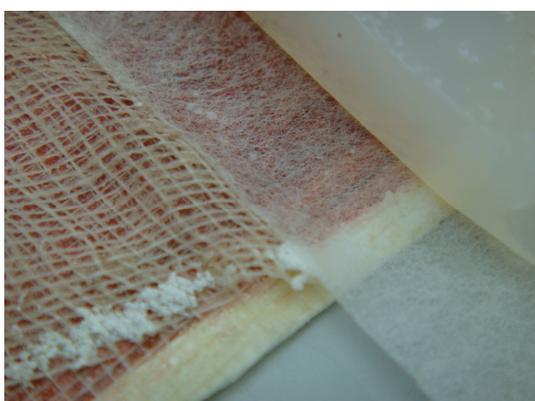


Figura 15. Estratos de las probetas testadas con agar agar directamente sobre la superficie de los temples



Aplicación de la placa de agar-agar directamente sobre la superficie de los temples de cola (izquierda) y de huevo (derecha), adaptando las formas y el grosor a las necesidades de limpieza



Acción de la placa de agar-agar a través de papel japonés en las superficies más delicadas, para minimizar la acción mecánica del hisopo de algodón sobre los temples hinchados





La actuación en superficie de las placas de agar-agar hincha la cola y permite su retirada con hisopo seco (izquierda), permitiendo trabajar por estratos y de forma progresiva hasta su completa eliminación de la superficie de los temples (derecha)



Los temples más hidrosolubles (huevo y cola) permiten la eliminación de los residuos de cola hasta el alcanzar el aglutinante que engloba el pigmento. En caso de consolidar las superficies pictóricas la eliminación sería más segura

Resultados:

El agar-agar resulta fácil de preparar, permite trabajar escogiendo un valor de pH determinado y forma superficies que humectan de forma homogénea, controlado en todo momento el aporte de agua. En el presente caso se eligió un pH neutro, para minimizar el peligro de solubilización de la película pictórica a la vez que los residuos de cola de arranque.

El gel rígido permite trabajar lentamente e incluso actuar en aquellos temples más solubles en contacto con el agua. En la gasa impregnada en cola y la superficie pictórica se puede trabajar con ayuda de hisopo seco para retirar la cola hinchada, incluso interponer un papel japonés entre la presión del hisopo y la superficie de los temples, minimizando así los daños causados por la acción mecánica. No permite trabajar con altas temperaturas, ya que fluidifica, pero es posible adaptarlo a diferentes formas y cortarlo escogiendo el tamaño y el grosor necesarios en cada superficie. Durante su manipulación se comprueba que atrae hacia la superficie cola reblandecida, que queda adherida a la placa de agar-agar. Puede retirarse con papel seco y permite utilizar ambas caras.

Conclusiones:

El agar-agar es el soportante testado que mejor controla el aporte de agua sobre la superficie, siendo el material más indicado en la eliminación de la gasa y de la superficie pictórica de los temples. Permite trabajar lentamente, aportando agua de forma homogénea. No es el material más indicado para reactivar las capas más gruesas de cola como la tela de retorta, donde actúan mejor productos como el Vanzan® o el Carbopol Ultrez 21®. Sin embargo, limpia en superficie hinchando la cola. Esto permite que pueda retirarse con hisopo y de este modo evitar mayores pérdidas de pigmento en los temples. Al trabajar con un valor de pH adaptado a las características del material a eliminar. Precisamente este aporte controlado de agua permite eliminar la totalidad de la cola en las superficies pictóricas más resistentes, como es el caso del temple de caseína y el de huevo.

En temple de cola animal y la cola usado en el arranque son de la misma naturaleza, por lo que ninguno de los métodos de limpieza testados puede evitar pérdidas de la capa pictórica. En caso de consolidarlo previamente, es muy probable que se pueda garantizar una mayor conservación del temple.

PRODUCTOS	RETORTA DE ALGODÓN	GASA DE ALGODÓN	PELÍCULA PICTÓRICA
Arbocel®	Hincha la cola rápidamente gracias al aporte de agua y temperatura, pero no permite trabajar por estratos y controlando el aporte de humedad	Hincha la cola rápidamente gracias al aporte de agua y temperatura, pero no permite trabajar por estratos y controlando el aporte de humedad. El uso de esponja y vapor de agua provocan hinchamientos y pérdida de la superficie pictórica	Aporta exceso de agua y temperatura de forma descontrolada, disgregando y disolviendo los materiales hidrosolubles. No debe utilizarse directamente sobre este estrato
Sepiolita	Retiene el agua en superficie, pero humecta de forma desigual, creando tensiones en el momento de retirada de las telas de arranque y provocando pérdida de material pictórico	Debido a la lámpara de infrarrojos el agua evapora rápidamente, lo que impide que humecte la gasa. Este hecho hace necesario un aporte extra de agua, poco controlado.	Desaconsejable por su humectación desigual. Utilizar otro material que actúe más superficialmente y de forma más controlada
Vanzan ®	Retiene el agua en superficie y no modifica su comportamiento con temperatura elevada, reactivando la cola rápidamente y facilitando su retirada	Aconsejable retirarla junto con la retorta. Si no es posible, aplicar otro material para evitar dejar residuo sobre la superficie porosa del mural	Desaconsejable por el exceso de residuo sobre la superficie pictórica. Utilizar otros materiales que actúen más superficialmente
Carbopol Ultrez 21®	Retiene el agua en superficie y no modifica su comportamiento con T elevada, reactivando la cola rápidamente y sin aporte excesivo de agua	Aconsejable retirarla junto con la retorta, Si no es posible, aplicar otro material para evitar dejar residuo sobre la superficie porosa del mural	Desaconsejable por el exceso de residuo sobre la superficie pictórica y el riesgo que alterar el pH con el paso del tiempo. Utilizar otros materiales que actúen más superficialmente
Agar-agar	No aconsejable por su acción en superficie, el aporte de agua en las capas más gruesas de cola debe ser mayor. Necesita una temperatura elevada que el agar agar no puede otorgar	Reactiva gradualmente la cola y permite retirarla controlando el aporte de agua	Retiene el agua en superficie y permite eliminar la cola hinchada de forma progresiva y en su totalidad en los temples de caseína y de huevo

Tabla 1: resumen de la acción de los diferentes sistemas de limpieza sobre los varios estratos que forman el arranque mediante *strappo*

TEMPLES	Arbocel ®	Sepiolita	Vanzan ®	Carbopol Ultrez21®	Agar-agar
COLA	Disuelve el aglutinante debido al aporte incontrolado de agua, produciendo pérdida de pigmento e incluso de mortero	Actúa únicamente en la retorta impregnada en cola, no llegando a humectar la superficie de los temples	Permite eliminar la cola de forma gradual, llegando al estrato pictórico, momento donde se debe escoger otro producto más adecuado	Permite eliminar la cola de forma gradual, llegando al estrato pictórico, momento donde se debe escoger otro producto más adecuado	Actúa de forma gradual y con un aporte controlado de agua, provoca disolución del aglutinante por compatibilidad con el material a retirar y el pH del agua de limpieza, pero su aplicación gradual permite detenerse antes de su alteración irreversible
HUEVO	Pérdida del aglutinante y el pigmento casi en su totalidad debido al aporte incontrolado de agua	Actúa únicamente en la retorta impregnada en cola, no llegando a humectar sobre la superficie de los temples	Permite eliminar la cola de forma gradual, llegando al estrato pictórico, momento donde se debe escoger otro producto más adecuado	Permite eliminar la cola de forma gradual, llegando al estrato pictórico, momento donde se debe escoger otro producto más adecuado	Actúa de forma gradual y con un aporte controlado de agua. Trabajando con papel japonés e hisopos se puede eliminar la cola de la superficie conservando la mayor parte de temple
CASEÍNA	Resistencia al aporte incontrolado de agua gracias a las características de la caseína, que la hace más resistente al aporte de agua a un pH básico	Actúa únicamente en la retorta impregnada en cola, no llegando a humectar sobre la superficie de los temples	Permite eliminar la cola de forma gradual, llegando al estrato pictórico, momento donde se debe escoger otro producto más adecuado	Permite eliminar la cola de forma gradual, llegando al estrato pictórico, momento donde se debe escoger otro producto más adecuado	Actúa de forma gradual y con un aporte controlado de agua. Se pueden retirar los residuos de cola en su totalidad.

Tabla 2: resumen de la respuesta de los diferentes temples tras la aplicación de cada uno de los sistemas de limpieza

5.- CONCLUSIONES

5.1- Evaluación del método experimental y comportamiento de los sistemas de limpieza

Durante el desarrollo de la investigación se ha podido observar el comportamiento de cada sistema de limpieza sobre una superficie elaborada *ex profeso* para destacar sus cualidades y sus carencias.

Los soportantes de Arbocel® y sepiolita no permiten controlar el aporte de agua de forma gradual ni facilitan la limpieza por estratos. El Arbocel® por aportar agua en exceso, de forma heterogénea y desigual, mojando todos los estratos y dificultando el control de su acción disolvente. Resulta útil en la eliminación de las capas más gruesas de cola, pero no es controlable a la hora de eliminar la cola en las superficies más delicadas e hidrosolubles. La sepiolita sin embargo, al ser aplicada a través del papel japonés aporta agua en cantidades deficientes y también desiguales, por lo cual es necesario un añadido de agua que dificulta la limpieza selectiva y gradual. No retiene tanto el agua como otros materiales, por lo que ésta evapora rápidamente y necesita un mayor tiempo de acción para actuar sobre la cola. Finalmente, con ambos soportantes es necesaria una gran cantidad de producto para crear empacos efectivos. Sin embargo, no dejan residuo, ya que sólo es posible aplicarlos sobre la retorta impregnada en cola.

Los espesantes como el Vanzan® y el Carbopol Ultrez 21® resultaron idóneos en la eliminación de las telas de arranque. Ambos retienen el agua de forma eficaz, facilitando el aporte de agua en superficie y de forma homogénea. Es necesaria poca cantidad de producto para espesar el agua, permiten trabajar con una amplia gama de pH y pueden ser aplicados con un aumento de temperatura. Por todas estas características, son espesantes interesantes para realizar una limpieza selectiva y gradual.

El gel acuoso de Vanzan® se prepara fácilmente y se pueden adaptar algunas de las propiedades del agua como pH y temperatura de aplicación. El gel de Carbopol Ultrez 21® es más laborioso de preparar, especialmente en lo que concierne añadirle una sustancia tampón. Sin embargo, durante el proceso de limpieza, retiene más el agua en superficie que el Vanzan® y la intervención resulta más progresiva y gradual. Es decisión del restaurador escoger entre los dos espesantes, valorando sus ventajas, inconvenientes y las características de la obra a intervenir y el proceso de limpieza que requiere.

Respecto a la cuestión del residuo, es importante señalar que ninguno de los espesantes estudiados debe aplicarse directamente sobre la superficie de los temples una vez eliminadas las telas de arranque. En el caso del Vanzan® se trata de un producto formado principalmente por goma que es susceptible de ser atacada por microorganismos. Respecto al Carbopol Ultrez 21®, se trata de un ácido poliacrílico que en caso de dejar residuo en la superficie podría volverse ácido con el tiempo y causar deterioro, tanto de los temples como del fresco.

El gel rígido de agar-agar permite un aporte controlado de agua en la superficie y realizar una limpieza progresiva. Es posible formular el gel en diferentes concentraciones consiguiendo de esta forma limitar la cantidad de agua en contacto con la superficie. Tras el proceso de gelación puede ser cortado y adaptado al área de la superficie a tratar. Sin embargo, su superficie no se adapta fácilmente a estratos irregulares, ni permite ser aplicado en caliente, ya que fluidifica. Tal y como puede leerse en el Anexo V, no se debe aplicar en caliente directamente sobre superficies porosas y disgregadas, ya que penetra entre los poros y al enfriar expande y rompe los estratos pictóricos y su eliminación es más difícil. Tampoco resulta efectivo en las capas donde la cola es más abundante, como en las telas de arranque (retorta y la gasa) pues aporta poca cantidad de agua.

Sin embargo, resulta un excelente sistema de limpieza sobre los restos de cola adheridos a la superficie pictórica de los temples. Precisamente por su aporte limitado de agua, permite una limpieza selectiva, gradual y controlada hasta su total eliminación. Otros atributos destacables son, por ejemplo, que acepta un amplio rango de pH, permite la ayuda de materiales externos (como el papel japonés o los hisopos de algodón) y atrae cola a la superficie facilitando su eliminación.

El método más efectivo en nuestro caso consistió en aplicar un producto espesante (Vanzan® o Carbopol Ultrez 21®) en la retorta y la gasa impregnadas en cola, y realizar posteriormente la limpieza de los restos de cola sobre la superficie de los temples con agar-agar, controlando en todo momento la viscosidad y el pH del agua aplicada como disolvente.

Trabajar con disoluciones tampón a un determinado pH permite una solubilización selectiva tanto de los materiales que se quieren retirar como los que se pretenden conservar. Se pudo comprobar empíricamente como el agua tamponada a un pH 8.5 (afín a los materiales a remover) actúa de forma más rápida, homogénea y efectiva que simplemente aplicando agua desionizada (con un pH entre 6.5 -7) que solubiliza más lentamente materiales como la cola de arranque⁴⁶. Sin embargo, en la superficie pictórica, para evitar solubilizar los aglutinantes de los temples junto con la cola de arranque se aplicó el gel rígido de agar-agar a un pH 7. De este modo, se consigue una solubilización más lenta de los materiales, por lo que la intervención es más controlada.

Como alternativa al procedimiento habitual de la eliminación de las telas de arranque impregnadas con cola utilizadas en el procedimiento de *strappo* para el caso de pinturas murales a fresco con acabados a seco se propone el siguiente sistema de limpieza:

- Eliminación de la capa superficial (retorta) con geles de base acuosa como el Vanzan® o Carbopol Ultrez 21® con agua desionizada y tamponada a pH 8.5 aplicada a 60° C
- Eliminación progresiva de la cola a través de la gasa con un gel rígido como el de agar-agar a pH 7 e hisopo de algodón seco.
- Eliminación de la cola en la superficie de los temples con agar-agar e hisopo seco, ayudado de papel japonés y con aplicación de agua desionizada a un pH 7 en las zonas más delicadas e hidrosolubles.

El método propuesto facilita una mejor conservación de la capa pictórica, especialmente los temples de caseína y huevo, comparado con el método de limpieza tradicional (ArboceI®).

Las probetas elaboradas no contaban con ningún producto consolidante que protegiera la superficie de los temples de la acción del agua, por lo que representan el caso más delicado de un proceso de eliminación de telas de arranque sobre un fresco con acabados a seco. Sin embargo, en un caso real donde la película pictórica ha sido consolidada previamente, la eliminación de las telas de arranque según el método tradicional implica de igual modo pérdidas de las películas pictóricas hidrosolubles al aplicar el agua de forma incontrolada. Una limpieza por estratos es aconsejable y el método propuesto en esta Tesis Final de Master es una opción interesante para mejorar la conservación de los estratos pictóricos.

A modo de reflexión, la presente investigación permitió llevar a la práctica algunos estudios que se están llevando a cabo por especialistas en el campo de los espesantes, destacando especialmente a Richard Wolbers y Paolo Cremonesi. Se modificaron las características y cualidades del agua como el pH y la viscosidad creando un sistema de limpieza que se adapta a las necesidades y problemas surgidos durante una restauración.

Sería interesante, como posibles líneas de ampliación de este trabajo, testar otros productos gelificantes que puedan servir como sustitutos del Vanzan®, el Carbopol Ultrez 21® y especialmente el agar-agar con vista a mejorar la adaptación del gel a las irregularidades de la superficie pictórica. El Phytigel® y el Kelcogel GC® son alternativas posibles que permiten igualmente formar geles rígidos con más flexibilidad.

Como forma de ampliar este estudio, realizado esencialmente por medio de métodos visuales y de microscopía óptica, se podrían emplear la microscopía electrónica de barrido (MEB) para evaluar los daños y pérdidas de la película pictórica tras los diferentes procesos de limpieza. O

⁴⁶ Se realizó una variante donde se testaron los dos espesantes con el pH del agua desionizada y sin tamponar. La acción de limpieza de la cola resultó efectiva, pero actuó de forma considerablemente más lenta.

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

en el caso de querer profundizar sobre la cuestión del residuo en superficie, sería interesante emplear técnicas analíticas tales como la espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) o la cromatografía de gases- espectrometría de masas (GC-MS).

Finalmente, sería interesante realizar este mismo procedimiento en un caso real de arranque mediante *strappo* donde existiera un peligro real de solubilización y pérdida de estratos pictóricos realizados a temple.

ANEXO I. MATERIALES CONSTITUYENTES DE LAS PROBETAS

En este apartado se describen los materiales empleados en la elaboración de las probetas, tanto en los aplicados en el mortero, como los empleados en cada uno de los temples ejecutados.

TIPO DE MORTERO:

Se ha realizado un mortero de cal y arena similar al utilizado en los procesos tradicionales de ejecución de una pintura mural al fresco. Con los temples pueden elaborarse morteros de yeso, cemento, mixtos, etc. Sin embargo, en muchas ocasiones éstas técnicas a seco suelen encontrarse superpuestas o sobre pintura al fresco para realizar detalles finales (volumen, sombras, veladuras...), motivo por el cual lo hemos reproducido.

Materiales del revoque: Cal apagada + árido fino (arena o mármol) + agua destilada

- **Cal:** la piedra caliza es un material pétreo de origen natural formado casi exclusivamente de carbonato de calcio (CaCO_3). Para transformarla en un producto útil se somete al calor de un horno de cal, que alcanza temperatura superior a 900°C . De este proceso se obtiene el óxido de calcio (CaO) conocido popularmente como cal viva. Ésta se hidrata para obtener una pasta flexible y fácil de trabajar. Al contacto con el agua, el óxido de calcio se transforma en hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) en una reacción exotérmica que puede alcanzar los 160°C , pulverizándose y aumentando considerablemente su volumen. Este hidróxido de calcio se conoce popularmente como cal apagada. Este proceso suele conocerse como apagado por fusión.

La sustancia resultante, si la tamizamos y mezclamos con agua y materiales de carga (áridos) y la aplicamos en un muro con intención de que seque, tendrá lugar un fraguado por carbonatación que volverá a transformar el hidróxido de calcio en carbonato cálcico (CaCO_3).

Técnica al fresco = aglutinante (cal) + pigmento + revoque húmedo + pintura muy estable, pues se produce aglutinamiento por carbonatación

La carbonatación es un proceso propio de los aglomerantes que fraguan en contacto con el agua. Se generan reacciones físicas (endurecimiento y aumento de resistencia mecánica) y químicas (el hidróxido de calcio creado al apagar la cal se transforma en carbonato de calcio en contacto con el CO_2 del ambiente) que engloban e incluyen los pigmentos durante el secado. Se trata de un proceso irreversible.

- **Marmolina o mármol molido:** conforma la carga del enlucido con el objetivo de conseguir una superficie más blanca y luminosa que confiera viveza a los colores. En la capa inicial (*arricio*) debe ser triturado en forma de arena (calibre 2, 1.2 o 0.8 mm.) y en la capa final (*inonaco*) debe ser un polvo fino (350 - 400 micras de diámetro).

TIPO DE PIGMENTO:

Los pigmentos son sustancias que con su poder colorante hacen partícipe de su color a otras sustancias, más o menos fluidas. No son solubles en agua (a diferencia de los colorantes) y tienen cuerpo, por lo que forman emulsiones. Son estables a la luz, a excepción de aquellos que contienen plomo.

En la técnica al fresco se escogían aquellos compatibles y estables con la cal, excluyendo así los pigmentos de origen orgánico (laca de Garanza, negro marfil o negro humo, por ejemplo) o aquellos que aunque provienen de sustancias inorgánicas al contacto con la cal (básica) producen una reacción química que cambia su color. Por todo ello, hemos escogido pigmentos estables a la cal y compatibles con los aglutinantes que conforman los temples, con el objetivo de poder reconocer su pérdida en el momento de desprotección de la cola de arranque, sin que interfieran factores como reacciones químicas externas, incompatibilidades con los materiales, procesos de solubilización-dispersión, etc. Por tanto, las características generales que han determinado su elección son las siguientes: se trata de sustancias insolubles (es decir pigmentos y no colorantes), son similares a los que pueden encontrarse frecuentemente en

obra real y son visibles fácilmente (para poder apreciar pérdidas o variaciones físicas mediante la observación directa durante el proceso). A modo de diferenciación, hemos otorgado un color a cada técnica: al temple de cola un pigmento azul (azul ultramar sintético), al temple de caseína pigmento rojo (Rojo de Marte) y al temple de huevo pigmento ocre (tierra Siena)⁴⁷.

TIPO DE TÉCNICA PICTÓRICA

Los temples magros son técnicas tradicionales (por tanto, presentes en obra real) que se aplican con el mortero ya fraguado y seco, se aglutinan con materiales solubles en agua al igual que la cola de arranque mediante *strappo* y presentan problemas de conservación cuando se utilizan junto con ésta técnica de arranque. Por lo general, esta clase de temples son removibles con agua, pero en diferente grado. El temple de huevo es el más delicado y soluble en contacto con el agua. Sin embargo, es capaz de crear un film impermeable y resistente con el paso del tiempo, debido a la desnaturalización de las proteínas, que se hacen insolubles. A continuación es el temple de cola el más sensible al contacto con el agua, siendo el temple de caseína el menos hidrosoluble de los tres. Se han seleccionado por ser de las técnicas tradicionales más delicadas al procedimiento de arranque mediante *strappo* y por tanto más útiles para determinar la efectividad de los diferentes espesantes y soportantes a testar⁴⁸.

Técnica al seco (sobre revoque seco) = aglutinante (cola, caseína, huevo) + pigmento

Se trata de técnicas pictóricas clasificadas como temples magros: los aglutinantes que ligan los pigmentos son de origen animal, sin aceites ni ceras. El origen del aglutinante de las tres técnicas es proteico. Y es precisamente la naturaleza de dichas proteínas la que confiere a esta pintura sus características propias: son altamente solubles en agua (la glutina y la condrina son las proteínas responsables de ello, al mismo tiempo que la primera otorga el carácter adhesivo de las colas, la condrina es responsable de su apariencia gelatinosa), crean films delgados y poco porosos.

Su presencia en las pinturas murales, especialmente en los frescos, se debe a su transparencia y su carácter translúcido, lo que dota de profundidad a las pinturas, especialmente en los fondos (el efecto blanqueante de la cal crea superficies cromáticamente más planas e igualadas) y detalles como sombras, velos, protecciones de dorado, volumetrías y claroscuros, que la técnica al fresco no puede ofrecer. El objetivo es crear una pintura con capas más transparentes y un resultado similar al que se obtenía en la pintura sobre tabla.

A lo largo de la historia es frecuente encontrar pinturas murales realizadas a fresco con zonas donde se han añadido diferentes tipos de temple. En los tratados de pintura aparecen instrucciones sobre cómo proceder para aplicar un temple sobre pintura al fresco. Por ejemplo, Vasari recomendaba extender dos manos de cola tibia sobre la superficie que se desea retocar a seco, para de este modo crear una capa aislante entre la pintura al fresco y los retoques a seco, con el fin de proteger los pigmentos o aglutinantes de la causticidad de la cal. Esta técnica se utilizaba antes de pintar un temple de cola, muy frecuente en casos donde se quería aplicar pigmento de color azul en la composición. El lapislázuli normalmente utilizado en pintura sobre tabla no resiste la causticidad de la cal, por lo que sobre el tono ocre o tierra pintado mediante la técnica al fresco, se daba una mano de cola y se aplicaba a pincel el lapislázuli o el Azul de Alemania aglutinados en cola. De este modo se podían añadir pigmentos incompatibles con la causticidad de la cal y conseguir al mismo tiempo veladuras, sobras y transparencias que la técnica al fresco no puede ofrecer.

Sin embargo, a pesar de las ventajas estéticas que este tipo de técnicas presentaban, a medio y largo plazo generaban problemas de conservación, ya que los fijativos utilizados (cola, huevo, caseína...) envejecen mal en contacto con la humedad del ambiente. Por otro lado, el contacto con las partículas atmosféricas acelera la desnaturalización de las proteínas del aglutinante, dando como resultado levantamiento de los estratos, descamaciones, amarillamiento u oscurecimiento y un caldo de cultivo de microorganismos.

⁴⁸ Información detallada sobre la elaboración práctica de los temples en *Anexo II. Elaboración de las probetas*.

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES CONSTITUYENTES DEL ARRANQUE A *STRAPPO*

-**Cola natural de origen animal:** constituida esencialmente por colágeno (proteína de origen animal) y por cantidades menores de otros elementos de origen orgánico e inorgánico (sales, etc.). Las colas menos puras se llaman colas fuertes, mientras que las más puras se denominan gelatinas, compuestas casi exclusivamente por colágeno. Por tanto, el factor discriminante en el momento de selección se basa en el poder cohesivo y adhesivo de la cola: éste aumenta generalmente con la cantidad de impurezas (colas fuertes).

Las colas se caracterizan por generar soluciones acuosas reversibles: una vez que se ha secado por evaporación del agua, vuelve a recuperar sus propiedades originarias al rehidratarse, pudiendo volver a disolverse para sucesivos empleos. Es por este motivo por el que tradicionalmente se ha escogido como material de arranque mediante *strappo*, junto con su poder adhesivo. Entre los distintos tipos de colas existentes, las más puras (colas de pieles, gelatinas, colas de pergamino) fueron las que se emplearon históricamente como aglutinantes, mientras que las colas impuras se prestaron a la fabricación de sustancias adhesivas, como en el caso de arranques mediante la técnica de *strappo*, donde se utiliza la llamada cola fuerte o de carpintero, o la cola de conejo⁴⁹. Generalmente la cola fuerte de carpintero está hecha de pezuñas, tendones y despojos de pieles de vaca, oveja y cabra. Se escoge por su alto poder adhesivo y su fuerte contracción, que permite ejercer mayor fuerza sobre el film pictórico que el que ejerce el *intonaco*. Además al secar forma una capa dura y poco flexible que permite mantener rígida la película pictórica hasta su traspaso a un nuevo soporte. Por tanto, los requisitos fundamentales para que una cola pueda utilizarse para realizar arranques mediante *strappo* son: que sea de cartílagos hervidos y que tenga color claro, es decir, con pocas impurezas (más transparente y más sensible a la temperatura y la humedad, por lo que se recomienda aplicarla en casos donde el muro está seco). Desde los años cincuenta puede encontrarse en forma de perlas, aunque también se comercializa en escamas o placas.

- **Telas de algodón:** se han utilizado dos tipos de tela: la gasa y la retorta. La diferencia principal entre ambas es la densidad de la trama y la cantidad de algodón. La gasa, es de trama muy abierta para permitir que la cola de arranque pase a través de ella y se adhiera a la obra sin que quede excesivamente marcada en la superficie pictórica, para evitar señales sobre la pintura tras la desprotección. La gasa médica es la más utilizada, sin embargo es demasiado fina para este tipo de operaciones por lo que hemos aplicado una de trama más densa. Se puede añadir la gasa durante el proceso de consolidación del reverso, cuando añadimos el caseinato cálcico que refuerza estructuralmente la película pictórica.

Por otro lado, la tela de arranque ha de ser de trama más densa. La que mejor se adapta a las necesidades es la conocida como "retorta". El objetivo es conferir una estructura de soporte de la cola que permita su contracción mediante el secado al mismo tiempo que la sujeta al muro. Antes de utilizar las telas de arranque es necesario quitarles el apresto, es decir, las sustancias sintéticas que actualmente han sustituido el almidón que naturalmente contiene el algodón⁵⁰.

- **El Caseinato cálcico** es el adhesivo utilizado tradicionalmente para consolidar y reforzar el reverso de una pintura mural arrancada. Consiste en una mezcla de hidróxido cálcico (cal aérea apagada) y caseína láctica. Para confeccionar el caseinato cálcico, ambos productos deben tener la misma consistencia y deben mezclarse muy bien, tamizando posteriormente la mezcla para evitar la presencia de grumos.

- **Caseína:** fosfoproteína contenida en la leche de los mamíferos, bajo la forma de micelas de calciofosfocaseinato. Las caseínas son un conjunto heterogéneo de proteínas por lo que es difícil dar una definición. Sin embargo, todas las proteínas englobadas en lo que se denomina caseína tienen una característica común: precipitan cuando se acidifica la leche a pH 4,6. Por ello, a la caseína también se le suele denominar proteína insoluble de la leche. Es soluble en álcalis, en sales solubles de bajo pH e insoluble en agua. Es precisamente por esta última característica por la cual

⁴⁹ SORIANO SANCHO, Pilar: "Capítol I. Arrancament de pintura mural", *Conservació i Restauració de Pintura Mural. Arrancaments, traspàs a nous suports i Reintegració*, Universitat Politècnica de València, València, 2008, p. 37-39

⁵⁰ SORIANO SANCHO, Pilar: Op. cit., p.42

se utiliza en la protección del reverso del arranque, al no ser hidrosoluble, resistirá mejor la aplicación de agua en el momento de reactivación de la cola.

La caseína forma películas secas, con propiedades adhesivas o aprestantes que no son completamente solubles en agua. El producto seco es similar a la caseína original, pero ahora insoluble en amoníaco, por lo tanto, es mucho más resistente a la humedad que la cola. Pero es un error pensar que las pinturas o películas con caseína son completamente impermeables, porque con la acción del agua o en presencia de humedad se pueden deteriorar. Es por este motivo por lo que el temple de caseína es una de las técnicas tradicionales a testar, pues se quiere comprobar su resistencia al agua en los procesos de limpieza y retirada de las telas de arranque mediante *strappo*.

- **Cal aérea apagada** $\text{Ca}(\text{OH})_2$: Es mejor utilizar una cal que lleve tiempo apagada y que haya sido tamizada muchas veces para conseguir un adhesivo sin grumos ni caliches y de aspecto homogéneo, que permita crear una capa impermeable en el reverso del arranque.

ANEXO II. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS

a) PREPARACIÓN DEL *INTONACO* PARA LA ELABORACIÓN DE LA PRIMERA CAPA DE PINTURA AL FRESCO

Como hemos mencionado en el apartado 3.1 se ha decidido elaborar las probetas siguiendo el procedimiento habitual en las pinturas murales realizadas a fresco con retoques o acabados a seco, ya que es posible encontrar este tipo de casos mediante la técnica de arranque de *strappo*. Para ello se ha trabajado sobre un soporte conformado por tres capas: *arriccio* un primer estrato extendido en proporción 1:3 (1 de cal y 3 de arena, en este caso marmolina⁵¹ de granulometría entre el 0,8 y 1,2 mm.), otro estrato intermedio en proporción 1:2 (1 de cal y 2 de arena de la misma granulometría, pero con más porcentaje de grano de 0,8 mm.) y una última capa en proporción 1:1 (una de cal y 1 de arena, pero de marmolina de 0,5 mm.). El estrato del *arriccio* fue realizado un año antes, por lo que en el momento de trabajarlo el mortero se encontraba casi totalmente carbonatado.

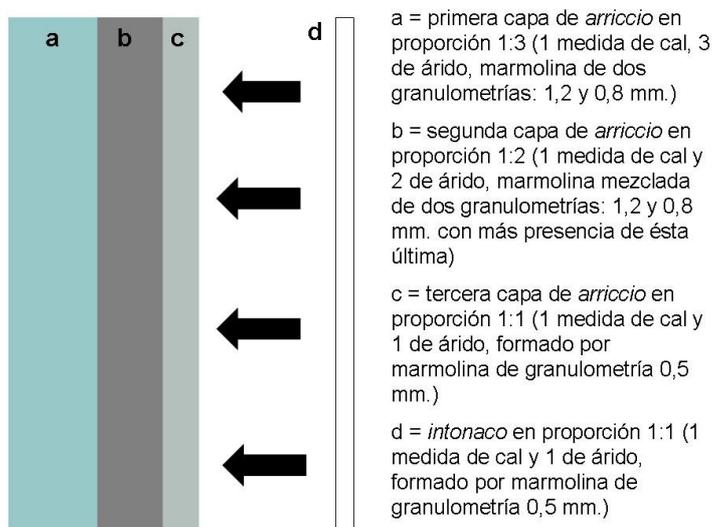


Figura 16. Estratos de la pintura al fresco sobre el muro: *arriccio* e *intonaco*

MATERIALES: mezclar en proporción 1:1

- marmolina de granulometría 0 a 1,2 mm.
- *Grassello*⁵² de cal

INSTRUMENTAL:

- capazos y cedazos para contener y mezclar el mortero
- paletas
- cuenco medidor
- cuenco con agua
- esponja
- fratás
- llana
- gafas de protección
- guantes

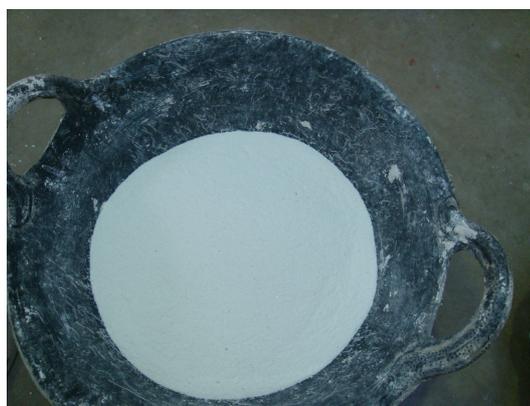
⁵¹ Para más información ver capítulo 3.1

⁵² El término *grassello* o pasta de cal hace referencia al hidróxido de calcio reposado, tamizado y sin caliches, que da como resultado una pasta blanca, mórbida, untuosa y de consistencia plástica. Su principal característica es que fragua en contacto con el aire mediante y tiene un comportamiento tixotrópico. Está compuesto por hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})^2$) y ($\text{Mg}(\text{OH})^2$) en una proporción del 45-70%, por lo que su contenido es elevado. Texto original traducido de RATAZZI, Andrea: *Conosci il grassello di calce? Origine, produzione e impiego del grassello in architettura, nell'arte e nel restauro*, Edicom Edizioni, Monfalcone, 2007, p. 28-30

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Imágenes del instrumental necesario para la elaboración del intonaco y los materiales constituyentes



La imagen de la derecha corresponde a la pasta de cal o grassello, la de la izquierda al marmolino



Proceso de mezclado de la cal y el árido y aspecto final del mortero

EJECUCIÓN:

- 1.- Mezclar en un capazo 2 medidas de marmolina y 2 medidas de *grassello* hasta conseguir una pasta grasa, plástica y maleable
- 2.- Hidratar el muro (*arriccio*) a esponja con agua desionizada para mejorar la absorción y retención del mortero
- 3.- Extender el mortero de *intonaco* con la llana dejando un estrato fino y compacto, sin irregularidades
- 4.- Una vez completado el estrato, mojar la llana y presionar la superficie oblicuamente, compactando el mortero y facilitando la carbonatación

b) ELABORACIÓN DE LA PINTURA A FRESCO

Una vez extendido el *intonaco* se divide en probetas rectangulares de 10 x 20 cm. con ayuda de lápiz y regla metálica para aplicar la pintura en ellas. Debe cubrirse antes de que el muro carbonatado, es decir, antes de que el hidróxido de calcio se convierta en carbonato cálcico (CaCO_3) en contacto con el aire. De este modo se consigue un único estrato formado por el *intonaco* y el pigmento, que ha sido hidratado con agua de cal⁵³ para igualar los materiales constituyentes.

MATERIALES:

- pigmentos de origen mineral compatibles con la causticidad de la cal y de uso frecuente a lo largo de la historia en pinturas realizadas a fresco: tierra ocre⁵⁴ y sombra natural⁵⁵
- agua de cal

INSTRUMENTAL:

- pinceles planos
- cuencos contenedores
- guantes

EJECUCIÓN:

1.- Mezclar cada pigmento por separado con agua de cal, hasta formar una emulsión de consistencia líquida. Añadir cuando sea necesario agua de cal o pigmento para mantener esta consistencia, que permite crear una capa translúcida y cubriente al mismo tiempo

2.- Aplicar con pincel plano sobre el *intonaco* fresco



Materiales constituyentes de la pintura al fresco y detalle del agua de cal

⁵³ Solución límpida y saturada de hidróxido de calcio, se aplica junto con pigmento disperso en ella sobre *intonaco* fresco (no carbonatado). RATAZZI, Andrea: Conosci il grassello di calce? Origine, produzione e impiego del grassello in architettura, nell'arte e nel restauro, Edicom Edizioni, Monfalcone, 2007, p. 211

⁵⁴ Ocre es una designación colectiva aplicada a pigmentos térreos amarillos, constituídos por hidróxido de hierro con arcilla, cuarzo y cal. Información obtenida de LAUBSCH, H.: *Con la brocha y la pintura*, Editorial Reverté, Barcelona, 1979, p.20

⁵⁵ El pigmento conocido como Sombra Natural es similar a la Tierra de Siena, pero presenta una mayor cantidad de óxido de manganeso en su composición. También es un pigmento natural de origen mineral, obtenido por calcinación y es bastante cubriente y estable. Información obtenida de SÁNCHEZ ORTIZ, Alicia: *Restauración de obras de Arte: Pintura de Caballete*, Ediciones Akal, Tres Cantos, Madrid, 2012, p. 244



Detalle de los pigmentos naturales de origen mineral: a la izquierda la sombra natural y la derecha la tierra ocre, previamente hidratada



Aspecto del pigmento tras ser hidratado con agua de cal y momento de aplicación sobre el intonaco

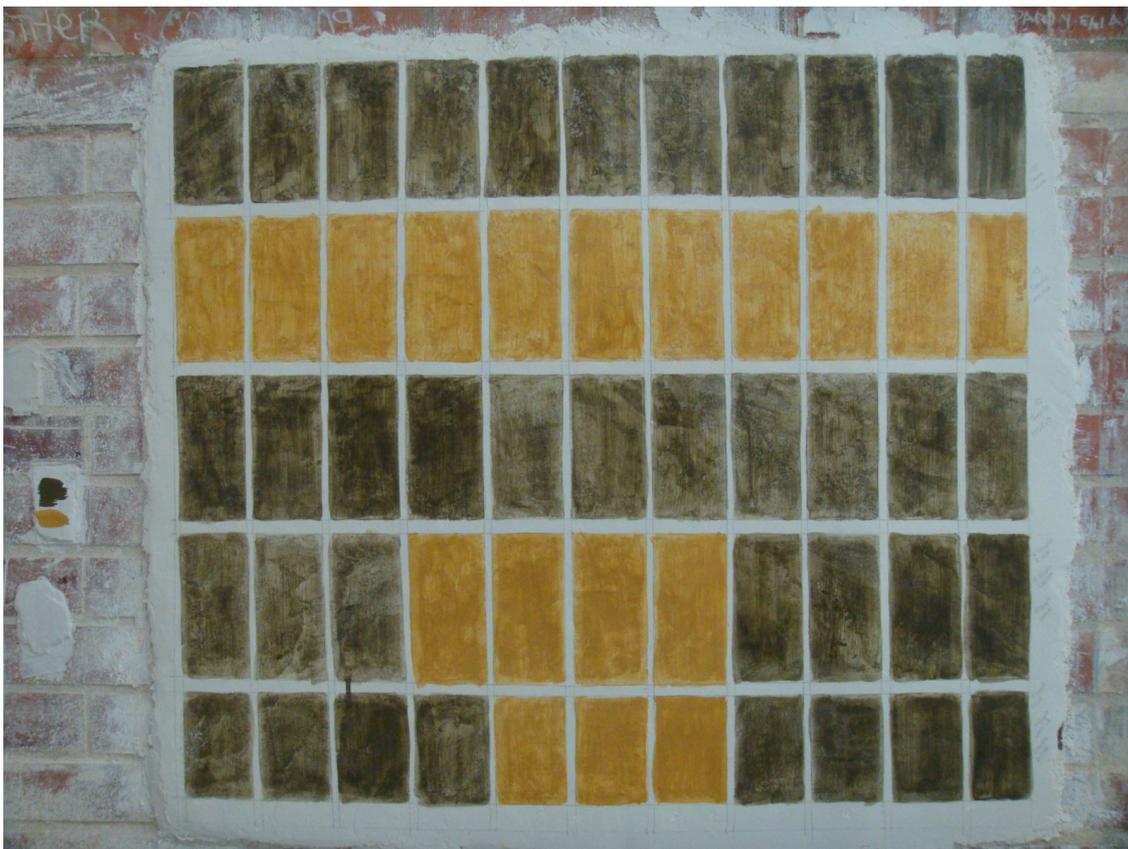
La tierra ocre está formada por silicato arcilloso y óxido de hierro⁵⁶ (pigmento natural de origen mineral), estable al contacto con el hidróxido de cal, que será utilizado como estrato de fondo del temple de caseína. Asimismo se ha escogido la sombra natural como fondo de los temples de huevo y cola. Si se aplica un tono ocre o verdoso de fondo confiere más profundidad a la pintura y más variedad de tonos y transparencias. Formada por silicato ferroso y hierro con sales de potasio, magnesio y aluminio (cladonite y glauconita)⁵⁷, la sombra natural también se trata de un pigmento natural de origen mineral.

La pintura se aplicó con el *intonaco* fresco, el cual la absorbió rápidamente. El resultado es un muro con 55 probetas de 10 x 20 cm. aproximadamente, 18 de ellas pintadas con tierra ocre que será cubierta por un temple de caseína y 37 pintadas con sombra natural destinadas a ser cubiertas por temple de cola (18) y de huevo (19).

⁵⁶ MORA, Paolo y Laura y PHILIPPOT, Paul, "Capítulo IV. Pigmentos", *La Conservazione delle Pitture Murali*, Editrice Compositori, Bologna, 2001, p.74

⁵⁷ MORA, Paolo y Laura y PHILIPPOT, Paul: *Op.Cit.*, p.77

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Aspecto del muro dividido en probetas tras completar la pintura al fresco

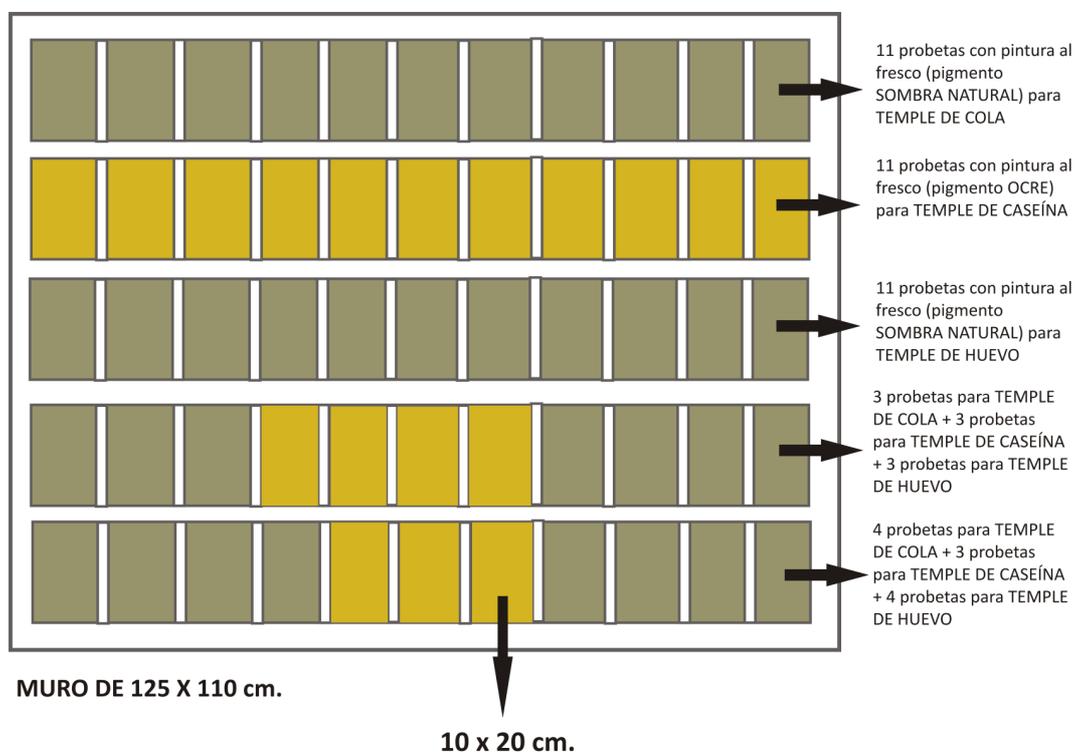


Figura 17. Aspecto del mural tras pintar al fresco con los dos tipos de pigmento

c) ELABORACIÓN DE LOS TEMPLES MAGROS: TEMPLE DE COLA, DE HUEVO Y DE CASEÍNA

Las probetas pintadas a fresco deben reposar un mínimo de dos semanas para facilitar la carbonatación de la cal y el asentamiento de todos los pigmentos en el mortero del *intonaco*. Una vez se ha creado una capa única, podemos proceder a pintar sobre la superficie con los diferentes temple. Estos crean una capa diferenciada del resto de pintura elaborada a fresco, una película pictórica independiente que permite efectos pictóricos distintos desde un punto de vista estético y artístico, pero que sobretodo facilita la observación de la penetración del agua en las diferentes capas de la obra en el momento de la reactivación de la cola de arranque mediante *strappo* y de la aplicación de los diferentes soportantes y espesantes.



Detalle de algunos materiales utilizados para realizar los temple magros (izquierda) y fotografía de dos de los pigmentos utilizados en los temple de huevo (Tierra Siena) y de caseína (Rosso di Marte) (derecha)

TEMPLE DE COLA: cola animal hidratada + azul ultramar sintético⁵⁸

MATERIALES:

- cola de conejo⁵⁹
- agua desionizada
- pigmento azul ultramar sintético

INSTRUMENTAL:

- pinceles planos
- cuencos contenedores
- guantes

EJECUCIÓN

1.- Se debe hidratar la cola a utilizar. Para ello se introducen 20 gr. de cola en 400 ml. de agua desionizada durante las 24 horas previas a su uso.

2.- Una vez hidratada el tiempo suficiente, se calienta al baño María hasta formar un líquido fluido, al que se le añade el pigmento necesario para formar una película pictórica cubriente.

⁵⁸ El azul ultramar es un pigmento natural conocido también como *ultramar francés* o *permanent blue*, que se obtiene mezclando piedra semipreciosa (lapislázuli). Era especialmente costoso y se reservaba para obras de gran valor. Químicamente es un silicato mixto de sodio, aluminio y azufre, con escorias de calcita y piritita que deben eliminarse con un sistema de refinado complejo para obtener el azul intenso. Es estable a la luz, pero aplicado al fresco se decolora en contacto con la cal húmeda debido a la reactividad del ión sulfuro y los álcalis. Es un pigmento más bien transparente, poco cubriente. La fórmula química del ultramar artificial es idéntica a la del natural, pero el primero se distingue porque no tiene impurezas de piritita sus los granos presentan una forma más regular y redondeada. Se introdujo en Francia en 1830 y sustituyó rápidamente al natural por su bajo precio. Información obtenida de GIANNINI, Cristina; ROANI Roberta: Diccionario de Restauración y diagnóstico, Editorial Nerea, Donosita- San Sebastián, 2008, p. 209

⁵⁹ Cola de naturaleza protéica obtenida del molido de pieles de conejo, soluble en agua y con buenas características de adhesión. Las soluciones a base de Cola de Conejo pueden ser utilizadas sobre cualquier soporte bañable con agua y son reversibles. Información disponible en Catálogo de productos CTS, colas, aditivos y cargas p.109: <<http://www.ctseurope.com/catalogo.asp?lingua=ESP&gruppo=10&capitolo=5¶grafo=1>> [consulta: 19 de mayo del 2012]

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

3.- Antes de aplicar la pintura aglutinada en la cola caliente, se da una pasada a pincel únicamente de cola caliente sobre la superficie del fresco, para crear una capa que adhiera mejor el temple. Cuando esté mordiente, se debe comenzar a pintar.

4.- Se aplica el temple de cola a pincel sobre la superficie de las probetas, trabajando la pintura y expandiéndola para evitar rebabas y goteos. Se debe formar una capa semitransparente lo más homogénea posible.

5.- Se aplica una segunda capa cuando la anterior aun está mordiente, así se crea un estrato más grueso, aunque no se deben superponer excesivas capas para evitar su descamación o caída tras el secado.



Aspecto de la cola antes de su hidratación (izquierda) y materiales necesarios para la hidratación previa (derecha)



Calentado de la cola al baño María tras 24 horas de hidratación en agua destilada (izquierda) y aspecto de la cola tras su calentamiento y disolución (derecha)



Detalle del pigmento utilizado en el temple de cola: azul ultramar sintético (izquierda) y su aspecto tras ser mezclado con la cola caliente y líquida, listo para ser utilizado (derecha)



Aspecto del temple de cola recién pintado (izquierda) y detalle del temple en una de las probetas, donde se puede apreciar el color ocre de la pintura a fresco en el estrato inferior (derecha)

TEMPLE DE CASEÍNA: caseína con carbonato de amonio + agua desionizada + pigmento Rosso di Marte⁶⁰

MATERIALES:

- caseína láctica⁶¹
- agua desionizada
- amino carbonato⁶²
- pigmento *Rosso di Marte*

INSTRUMENTAL:

- pinceles planos
- cuencos contenedores
- guantes

EJECUCIÓN:

1.- Se debe hidratar previamente la caseína, para ello se colocan 3gr. en 150 ml. de agua desionizada 24 horas antes de su uso.

2.- Para poder utilizar la caseína como aglutinante del pigmento, añadir Amonio Carbonato (33% en amoniaco) que actúa como base, rompiendo las moléculas y permitiendo la emulsión entre la caseína y el agua desionizada. Se añaden unas gotas a la caseína hidratada hasta crear una pasta densa (se va espesando conforme sube el pH de la mezcla). Una vez espesada, se calienta al baño María para fluidificar la mezcla y poder trabajar con ella.

3.- Dejar reposar la caseína, removiendo de vez en cuando y manejándola en caliente hasta conseguir un fluido semitransparente y espumoso en la parte superior.

⁶⁰ Pigmento artificial (ocre artificial) obtenido por precipitación de una mezcla de sales de hierro solubles y otros compuestos. Se utiliza desde mediados del siglo XIX y, aunque es muy homogéneo y fino, y se vende en su lugar, no supera las propiedades del ocre rojo natural. Información obtenida de GIANNINI, Cristina; ROANI Roberta: Op. cit. p. 182

⁶¹ Producto orgánico natural extraído de la leche, soluble en los álcalis y en las sales solubles de bajo pH e insoluble en agua. Para hacer la caseína Láctica utilizable y entonces soluble en agua, se aditiva con amoniaco (formando el caseinato de amonio) o con cal apagada (formando el caseinato de calcio). La caseína Láctica es un óptimo ligante natural y generalmente se utiliza en las formulaciones de estuco para frescos, telas y además para la preparación de "colores a la caseína".

⁶² Sal inorgánica utilizada en soluciones acuosas con otros reactivos e inertes para la preparación de papetas de limpieza para superficies pétreas y frescos. El Carbonato de Amonio se utiliza en la preparación de la AB 57 en alternativa al bicarbonato de amonio, gracias a su mayor eficacia y a la importante acción solubilizante que ejercita frente al sulfato de calcio. Justo por esta propiedad se utiliza en el método de consolidación con hidróxido de bario, en la primera fase de transformación del yeso.

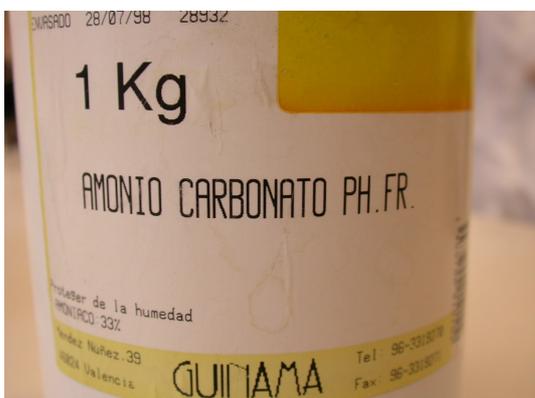
Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

4.- Templar el pigmento: para ello se hidrata previamente la cantidad a utilizar en agua desionizada y se añade poco a poco la caseína fluida hasta conseguir la consistencia deseada. Se necesita que sea líquida, por lo que no añadiremos mucho pigmento.

5.- Pintar la superficie de las probetas con un pincel plano. Este tipo de temple es menos fluido y transparente que el temple de cola, sin embargo, crea una capa más cubriente y regular y no necesita más capas para formar una película pictórica homogénea.



Aspecto de la caseína tras 24 horas de hidratación en agua destilada (izquierda) y momento en el cual se le añade el amonio carbonato (derecha)

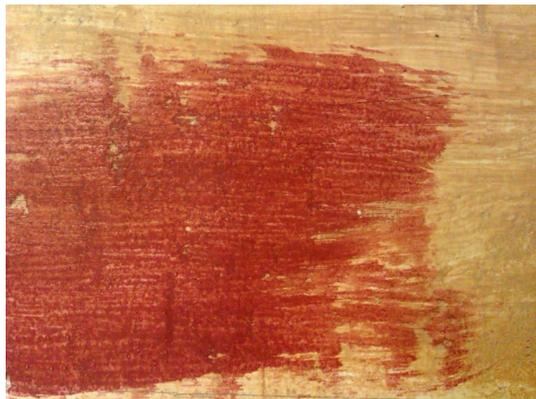


Detalle del envase del amonio carbonato que actúa como base (izquierda) y aspecto de la caseína hidratada tras añadirle unas gotas del producto. Se puede observar cómo espesa y espesa

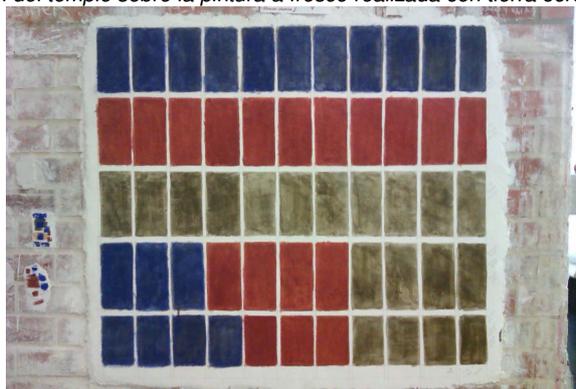


Calentamiento de la caseína al baño María para fluidificarla y poder mezclarla con el pigmento (izquierda) y aspecto final de la caseína tras su calentamiento, lista para añadirle el pigmento y utilizarla sobre el muro (derecha)

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Aspecto del temple de de caseína una vez mezclado con el pigmento Rosso di Marte (izquierda) y detalle de la aplicación del temple sobre la pintura a fresco realizada con tierra ocre (derecha)



Aspecto del mural tras pintar los temples de cola (azul) y caseína (rojo) sobre las probetas anteriormente pintadas a fresco. En las probetas color ocre se aplicará el temple a huevo

TEMPLE DE HUEVO: yema de huevo + agua desionizada + pigmento Tierra de Siena⁶³

MATERIALES:

- 1 huevo
- agua desionizada
- pigmento Tierra Siena

INSTRUMENTAL:

- pinceles planos
- cuencos contenedores
- guantes

EJECUCIÓN:

1.- Separa la yema de la clara utilizando la cáscara del huevo. Cuando la yema esté separada romper la membrana que la contiene y retirarla, ya que no se disuelve y dejaría restos sobre la superficie a pintar.

2.- Hidratar el pigmento en agua desionizada hasta conseguir la consistencia deseada y añadir la yema. Mezclarlo todo hasta conseguir un pigmento aglutinado en yema y agua.

3.- Aplicar el temple a pincel sobre las probetas. Como el pigmento es Tierra Siena, es más claro que el ocre del fresco, por lo que son necesarias dos capas para crear un film visible. La segunda se aplica cuando la anterior aun está mordiente. El resultado es una pintura fluida y líquida, que crea una capa muy delgada y brillante, lisa y sin poros.

⁶³ Con *tierra de Siena* se denominan una serie particular de ocre amarillos que contienen manganeso y son ricos en hierro (50-70% Fe₂O₃) y cuyas mejores clases se encuentran en las inmediaciones de Siena. Es extraordinariamente sólido a la luz y estables al agua y las lejías pero son sensibles a los ácidos. Contienen importantes cantidades de ácido silícico coloidal y son por ello los pigmentos utilizados en veladuras por excelencia. Información obtenida de DOERNER, Max: *Los Materiales de pintura y su empleo en el Arte*, Editorial Reverté, Barcelona, 2005, p. 58

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



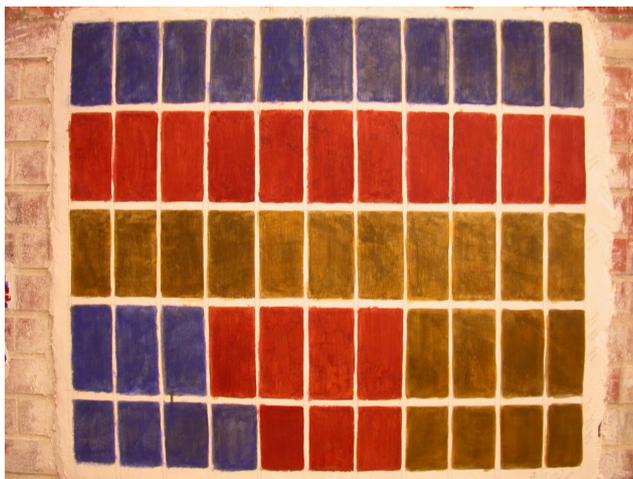
Separación de la yema y la clara del huevo (izquierda) y momento de la retirada de la membrana de la yema, dejando únicamente el líquido del interior (derecha)



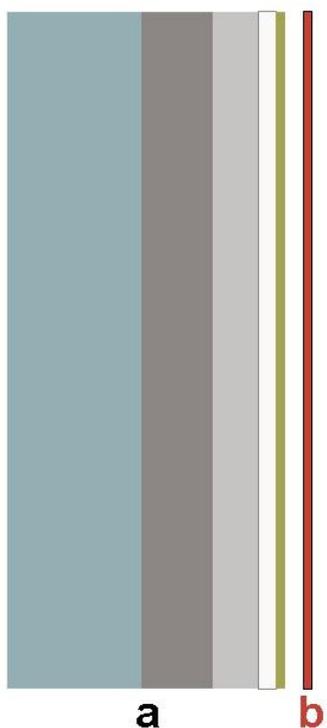
Mezcla del pigmento y la yema de huevo, que actúa como aglutinante (izquierda) y fotografía donde se ven los componentes del temple de huevo: yema de huevo + pigmento Tierra Siena + agua desionizada (derecha)



Fotografía macro donde se aprecia el temple de huevo recién aplicado sobre la pintura al fresco de color sombra natural (izquierda) y detalle de separación entre dos probetas cubiertas con temple de huevo



Aspecto final del mural tras la aplicación de los diferentes temple de cola (azul), caseína (rojo) y huevo (ocre)



a = estratos del fresco: primera, segunda y tercera capa de *arriccio* + *intónaco* pintado al fresco. Forman una capa cohesionada y carbonatada

b = estrato de temple magro (cola, huevo y caseína) formando una película pictórica diferenciada de la pintura al fresco

Figura 18. Estratos completos de las probetas sobre el muro

ANEXO III. EJECUCIÓN DEL *STRAPPO* Y APLICACIÓN DEL CASEINATO CÁLCICO EN EL REVERSO

APLICACIÓN DE LAS TELAS DE ARRANQUE

Se realizó un arranque de las pinturas a fresco con acabados a seco (temples magros) mediante el procedimiento conocido como *strappo* descrito detalladamente en la introducción.

MATERIALES:

- cola en perlas Zurich⁶⁴
- agua desionizada
- gasa de algodón de trama cerrada
- retorta de algodón
- pinceles planos
- cazo para calentar la cola
- hornillo

PROCEDIMIENTO:

1.- Antes de realizar el *strappo*, deben prepararse los materiales a utilizar. En primer lugar, se hidrata la cola 24 horas antes de su utilización. Para arrancar nuestro mural, era necesario ½ kilo de cola en perlas Zurich hidratado en 1,5 litros de agua desionizada.

2.- Cortar las telas de arranque, adaptándolas al tamaño total de la pintura (125 x 110 cm.). Tanto la gasa como la retorta de algodón se dividieron en tres trozos. Cada uno de ellos tenía diferente tamaño, para evitar que las zonas de las juntas coincidiesen en el momento de colocación en el muro ya que si hay juntas superpuestas se crea un exceso de cola en la zona que puede producir pérdidas y daños tras la separación de la pintura del muro.

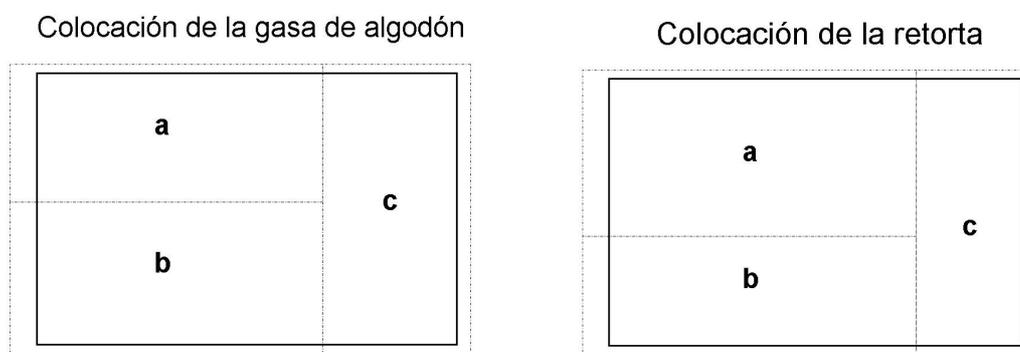


Figura 19. Telas de arranque extendidas sobre el muro en dos capas: gasa de algodón y retorta. Aunque están superpuestas y tienen forma similar, las dimensiones de los fragmentos son ligeramente diferentes para evitar que coincidan, pues podrían crear tensiones y desprendimientos. Las letras a, b y c se refieren a cada uno de los fragmentos empleados aleatoriamente

3.- Se calienta la cola previamente hidratada en un cazo al baño María, removiendo hasta su completa disolución. Debe formarse un líquido fluido y caliente para facilitar su penetración en las telas.

⁶⁴ Cola de naturaleza protéica obtenida del molido de huesos animales (prevalentemente bovinos), soluble en agua y con óptimas características de adhesión. Las soluciones a base de colas de huesos de animal pueden ser utilizadas sobre cualquier soporte bañable con agua y son reversibles. Información disponible en: <http://www.ctseurope.com/depliants/%7B3D6C9E1D-662E-4275-B38A-17F2A90C0969%7D_Pagine%20da%205.1%20colle,%20additiv%20e%20cariche-108.pdf> [consulta 19 de mayo del 2013]

4.- Se aplica la primera capa de gasa sobre la pintura mural. Para ello se extienden los trozos sobre la pared y se aplica la cola caliente con un pincel plano, extendiéndola del centro a los extremos. Debe quedar completamente empapada en cola y adherida a la superficie.

5.- Se deja secar la primera capa de gasa unos 15 minutos. Cuando esté mordiente aplicar la segunda capa, formada por la retorta de algodón.

6.- Se sumergen las telas de retorta en el cazo de la cola caliente. Deben empaparse totalmente para garantizar su correcta adhesión al muro. Se sacan del cazo una a una y se extienden rápidamente sobre la capa de gasa de algodón evitando que coincidan las juntas.

7.- Se deja secar un mínimo de tres días sobre el muro.

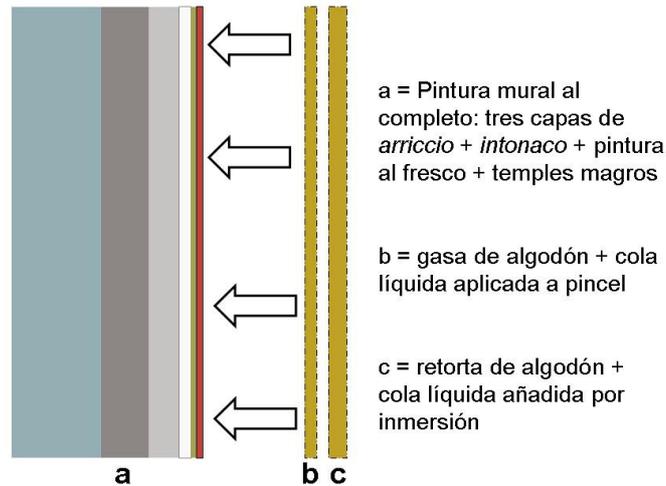


Figura 20. Estratos completos del arranque mediante *strappo* sobre el muro



Aspecto del recipiente contenedor de la cola fuerte (izquierda) y detalle de las perlas Zurich (derecha)



Aspecto de la cola tras 24 horas de hidratación en agua desionizada (izquierda) y la cola fluidificada tras ser calentada al baño María (derecha)

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Detalle de las telas utilizadas para realizar el arranque mediante *strappo*: en la imagen de la izquierda gasa de algodón (tela velatino de algodón grueso) y en la imagen de la derecha retorta de algodón grueso. Ambas aparecen sin apresto, tras ser lavadas dos veces para retirarlo



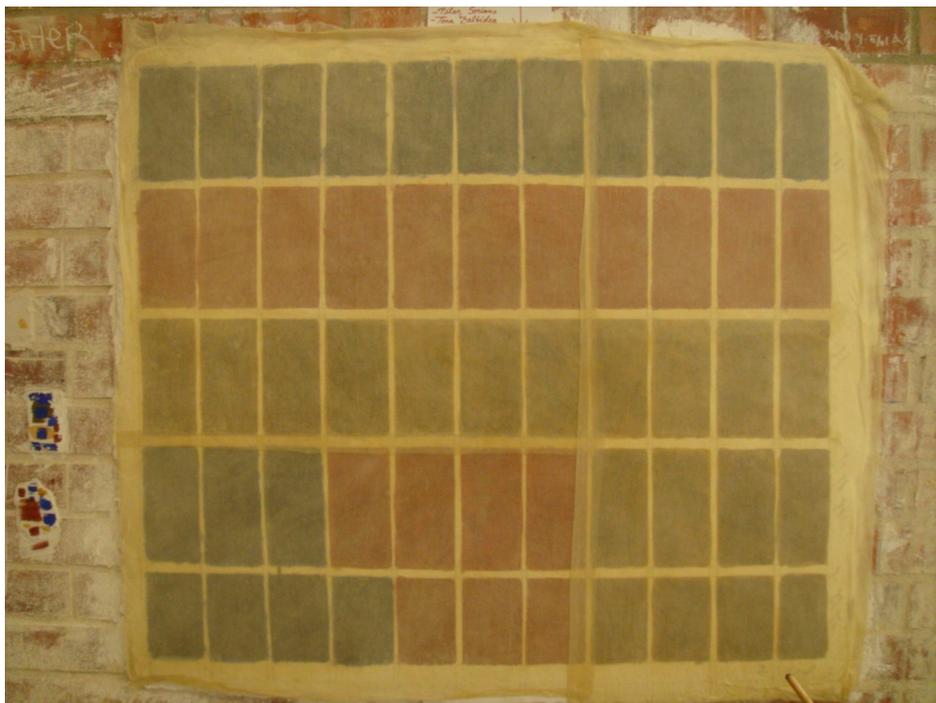
Fotografías detalle del momento de aplicación de la gasa de algodón impregnada en cola sobre el muro



Retorta de algodón completamente sumergida en la cola calentada al baño María para impregnarla completamente (izquierda) y detalle de la esquina superior derecha, donde se aprecia la retorta impregnada en cola y recién colocada sobre la pintura (derecha)



Detalle de coincidencia de los extremos de dos trozos de retorta tras su colocación impregnado en cola sobre el muro (izquierda) y vista de las probetas bajo las dos capas de tela impregnadas en la cola fuerte (derecha)



Aspecto general de las probetas tras la colocación de las telas de arranque impregnadas en cola fuerte. Se puede apreciar que la cola aun está húmeda por el tono oscuro de las telas

ARRANQUE Y APLICACIÓN DEL CASEINATO CÁLCICO SOBRE LA PINTURA EXTRAÍDA

Tras dejar varios días las telas de arranque sobre la pintura mural, la cola ha secado completamente y ha creado una capa rígida y dura de tela, que ejerce tracción sobre los estratos pictóricos. Es el momento de desprenderlas de la pared junto con la pintura.

MATERIAL:

- mazo de goma
- gasa de trama cerrada
- pinceles y brochas
- caseinato cálcico
- cinta adhesiva

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se golpea con el mazo de goma toda la superficie de las telas adheridas al muro, para facilitar su desprendimiento de la pared.
- 2.- Se agarran los extremos inferiores de las telas de arranque y se desprende con las manos, de abajo a arriba.
- 3.- Una vez extraída completamente, se cortan con unas tijeras en diferentes trozos, dividiendo las probetas en partes más pequeñas para facilitar su manipulación, evitando cortar las zonas pintadas.
- 4.- Se fijan los trozos a un soporte rígido mediante cinta adhesiva colocando el reverso boca arriba. Así se evita que el arranque se deforme durante el proceso de secado del caseinato cálcico.
- 5.- Se corta la gasa del mismo tamaño que cada trozo de arranque, dejando un margen a cada lado de un mínimo de 2 cm. y colocarla sobre el reverso del arranque.
- 6.- Se cubre el caseinato cálcico en agua desionizada en mínimo de media hora. Una vez hidratado, mezclar una parte de caseinato con cuatro de cal.

7.- Se mezcla el caseinato cálcico con una batidora para evitar que la cal decante y se separe de la caseína. Se debe formar una emulsión densa y perfectamente mezclada.

8.- Se aplica el caseinato cálcico a pincel sobre el reverso del arranque, a través de la gasa extendida. Remover cada vez que se moje el pincel, pues la mezcla decanta rápidamente y debemos evitar que la cal precipite al fondo del envase. Se debe empapar bien, poniendo bastante cantidad de producto y presionando de forma circular para facilitar que el caseinato cálcico traspase la gasa y llegue el reverso de la obra.

9.- Se deja secar un mínimo de 30 días. El caseinato cálcico carbonata a través de la gasa sobre el reverso de la obra, creando un estrato resistente a la humedad y rígido que sirve de soporte provisional de la película pictórica.



Aspecto general de las probetas tras el arranque mediante strappo, donde se observa el desprendimiento total de la parte superior derecha (izquierda)



Detalle de las probetas de temple de cola (color azul) y de temple de caseína (color rojo) tras el arranque. Se trata de imágenes del muro, tanto el estrato de temple como la pintura al fresco subyacente



Imágenes del reverso del arranque donde se pueden apreciar las zonas extraídas de las probetas de temple de cola (color azul) y temple de caseína (color rojo)

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Detalle del arranque correspondiente al temple de huevo



Detalle del envoltorio de la gasa de algodón utilizada en el reverso del arranque (izquierda) y la gasa sobre uno de los fragmentos arrancados antes de ser extendida junto con el caseinato cálcico (derecha)

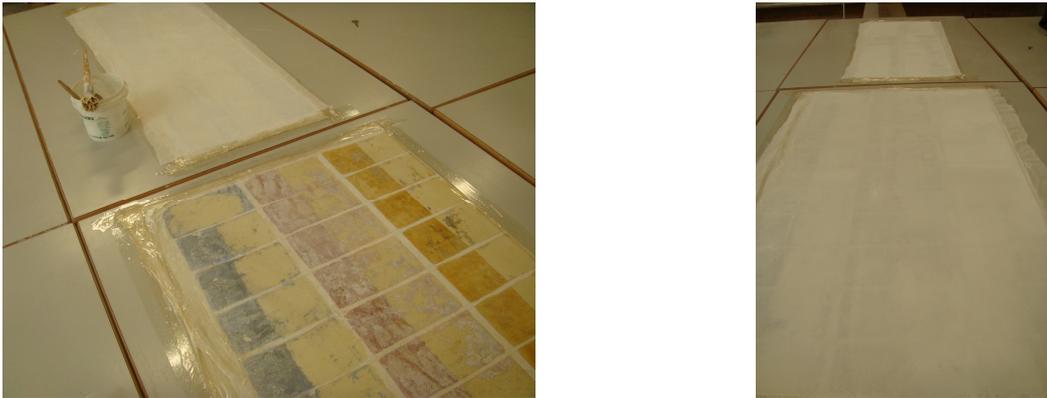


Aspecto del caseinato cálcico tras ser batido para crear una emulsión (izquierda) y detalle del momento de aplicación sobre el reverso del arranque (derecha)



*Detalle de la gasa impregnada en caseinato cálcico sobre el reverso del arranque mediante *strappo**

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles



Fotografías correspondientes al momento de aplicación de la gasa junto con el caseinato cálcico sobre los dos fragmentos del arranque fijados mediante cinta adhesiva para evitar que muevan durante el secado

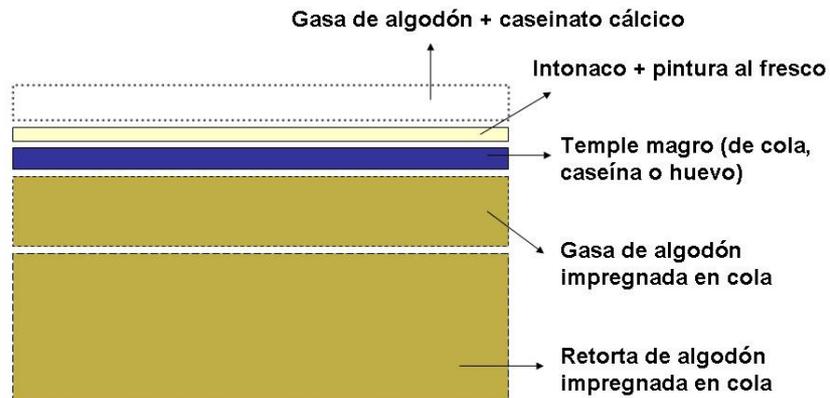


Figura 21. Materiales constituyentes del arranque mediante *strappo* una vez aplicado el caseinato cálcico

ANEXO IV. ELABORACIÓN DE UNA SOLUCIÓN TAMPONADA A pH 8.5

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas sustancias. La sigla significa 'potencial hidrógeno', 'potencial de hidrógeno' o 'potencial de hidrogeniones'. Este término fue acuñado por el químico danés S. P. L. Sørensen (1868-1939), quien lo definió como el opuesto del logaritmo en base 10 (o el logaritmo del inverso) de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$pH = -\log_{10} [a_{H^+}]$$

Desde entonces, el término "pH" se ha utilizado universalmente por lo práctico que resulta para evitar el manejo de cifras largas y complejas. En disoluciones diluidas, en lugar de utilizar la actividad del ion hidrógeno, se le puede aproximar empleando la concentración molar del ion hidrógeno.

Por ejemplo, una concentración de $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ M (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: $pH = -\log[10^{-7}] = 7$

La escala de pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución) y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución, cuando el disolvente es agua⁶⁵.

Una característica muy importante de los ácidos y las bases débiles, cuando no están totalmente ionizados y disociados en solución acuosa, es que pueden ser tamponados con ácidos o bases fuertes. Esto significa que las soluciones acuosas pueden mantener un pH constante, pero que puede ser modificado si entran en contacto con una cantidad moderada de acidez o alcalinidad. Por ejemplo, si se añade un ácido al agua pura, este se ioniza y se disocia mediante la liberación de un número de iones de hidrógeno, que se suman a los procedentes de la ionización y disociación del agua, alterando el equilibrio $H^+ = OH^-$, bajando el pH por debajo de 7⁶⁶.

Si pensamos en una solución tamponada más que únicamente en agua acidificada (o alcalinizada), debemos saber que está integrada por una pareja: un ácido débil en presencia de una de sus sales, o bien una base débil en presencia de sus sales. Se trata pues de un ácido o base débil en solución acuosa al que se le añade un ácido o base fuerte. Lo más importante a tener en cuenta para preparar una solución tampón con este procedimiento es qué sustancia tampón (que sal) debo escoger. No se trata de una sustancia que se pueda elegir aleatoriamente, debemos escoger sustancias tampón ácidas o básicas según el rango de pH que queremos alcanzar en la solución acuosa que estamos trabajando. Las ventajas principales de tamponar una solución acuosa es que nos permiten preparar un valor de pH que se mantendrá constante cuando dicha solución entre en contacto con sustancias ácidas o básicas⁶⁷.

En nuestro caso, escogimos realizar una solución tampón básica para disolver, reactivar y eliminar sustancias proteicas presentes en la cola de conejo de las telas de arranque mediante el procedimiento de *strappo*. También los materiales aglutinantes de los temples a proteger son

⁶⁵ Información sobre el concepto de pH disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/PH>> [consulta 12 de junio de 2013]

⁶⁶ CREMONESI, Paolo: *L'ambiente acquoso per il trattamento di opere policrome*, Padova, Editrice Il prato, 2012, pp. 48-49

⁶⁷ Para más información sobre los procesos químicos ocurridos en las soluciones tampón, CREMONESI, Paolo: Op. cit. pp. 99-104

compatibles con esta solución tampón, por lo que se aplicaron soportados o espesados para controlar mejor su acción y poder de este modo trabajar por estratos.

El proceso de elaboración de la sustancia tampón fue el siguiente: la base débil escogida (*Tris* Base⁶⁸, con un rango de pH entre 7-9) se neutralizó con un ácido fuerte en una concentración adecuada (ácido clorhídrico, HCl a 1M):

Tris base (0.5 gr. en 100 ml. agua desionizada) + gotas de HCl 1M

Material:

- 500 ml. agua desionizada
- 2.5 gr. Tris base
- báscula electrónica
- agitador magnético
- pHmetro
- cuentagotas
- HCl 1M

Preparación:

- 1.- Disolver la sustancia tampón en el agua desionizada y medir el pH.
- 2.- Añadir el ácido clorhídrico gota a gota hasta alcanzar el valor de pH deseado.



Imagen de los materiales: agua desionizada, ácido clorhídrico 1M, *Tris* base, cuentagotas, báscula y pH metro

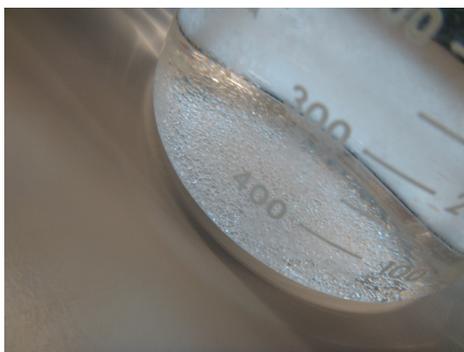
⁶⁸ *Tris* es el nombre abreviado del compuesto orgánico conocido como tris(hidroximetil)aminometano, de fórmula (HOCH₂)₃CNH₂. Se utiliza ampliamente en bioquímica y biología molecular, en particular para preparar disoluciones tampón (por ejemplo, tampones Tris-HCl, Tris-Gly, TAE y TBE). Es una amina primaria, con la reactividad típica, por ejemplo la condensación con aldehídos y el establecimiento de un equilibrio ácido-base (responsable de su capacidad tamponante). El Tris tiene un pK_a de 8,06, lo que le aporta capacidad tamponante efectiva en un intervalo de pH entre 7,0 y 9,2. La forma de uso más frecuente se llama Tris base (es la forma básica, no ionizada, de la amina); en ocasiones se utiliza también la forma ácida o hidrocloreuro (Tris-HCl). Para ajustar el tampón a un pH específico se puede usar OH⁻ para Tris-HCl o H⁺ para Tris base, o bien mezclar dos disoluciones de Tris-HCl y Tris base hasta que el pH sea el deseado. El resultado es equivalente en los 3 casos, pero para conseguir la concentración esperada de tampón debe tenerse en cuenta que las masas moleculares de las formas básica y ácida (hidrocloreuro) son diferentes. Información [en línea] disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Tris>> [consultado el 17 de junio del 2013]

Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

Pesando el Tris base: 2.5 gr. para añadir a 500 ml. de agua desionizada:



Tris base añadido al agua desionizada:

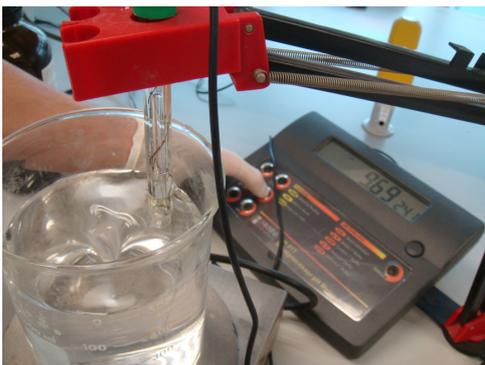


Mezclando en el agitador magnético:

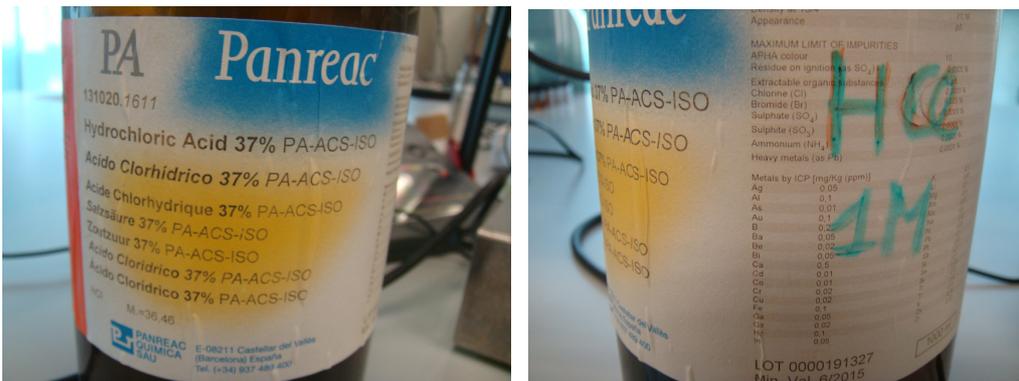


Aplicación de soportantes y espesantes para el agua en la eliminación de la cola utilizada en la técnica de arranque mediante *strappo* en pinturas murales porosas y con acabados en seco hidrosolubles

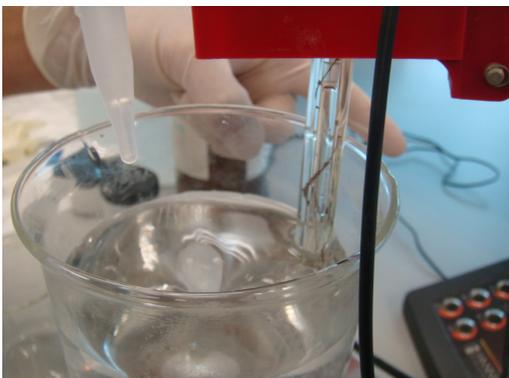
Primera medición de pH. Al tratarse de una base, sube a un valor cercano a 10:



Aspecto del ácido clorhídrico en la concentración adecuada:



Añadiendo gotas de HCl 1M hasta alcanzar el valor que deseamos



Segunda medición: solución tamponada a pH 8.5



Preparación de solución tampón para utilizar Carbopol Ultrez 21:

El procedimiento anterior es válido cuando vamos a utilizar la solución junto con soportantes y espesantes de valor neutro, como el caso de Vanzan® y el agar-agar, ya que no interfieren ni afectan en las variaciones de pH. Pero el caso de Carbopol Ultrez 21® es diferente. Se trata de un ácido poliacrílico, un ácido débil con un valor de pH entre 2.8- 3.2, por lo que podría alterar los valores de pH de la solución al entrar en contacto con ella⁶⁹.

En nuestro caso seguimos el procedimiento propuesto por Paolo Cremonesi⁷⁰: se prepara la solución tamponada con la mitad de agua desionizada, pero con la misma cantidad de sustancia tampón y se ajusta al pH deseado añadiendo lentamente gotas de HCl 1M.

200 ml. H₂O desionizada + 1 gr. Tris base + HCl 1M

Por otro lado, se disuelve el Carbopol Ultrez 21® en la misma cantidad de agua que la solución tamponada. Se añade poco a poco el producto y se mezcla hasta su disolución. Una vez hidratado, se neutraliza con su base fuerte (Na OH 1M) hasta alcanzar el mismo valor de pH que la solución tampón. Tras esto, se pueden mezclar ambas soluciones, garantizando que pH escogido se mantendrá estable.

200 ml. H₂O desionizada + 4 gr. Carbopol Ultrez 21 ® + Na OH 1M



1gr. Tris base añadido a 200 ml. H₂O



4 gr. Na OH

⁶⁹ Para más información sobre las interacciones del Carbopol Ultrez 21 en las soluciones tampón consultar CREMONESI, Paolo: Op. cit p. 67

⁷⁰ CREMONESI, Paolo: Op. cit p. 68

ANEXO V. APLICACIÓN DE AGAR-AGAR A PINCEL

El agar-agar es uno de los productos soportantes que aporta mayor viscosidad al agua, por lo que no se adapta a la superficie como otros productos espesantes. Se extendió a brocha a temperatura elevada y en estado líquido, con el objetivo de comprobar su capacidad de adaptación a la superficie porosa e irregular de los temple.

Resultado:

Penetraba en los poros de la superficie y una vez frío, creaba tensiones, desprendimientos e incluso pérdida de pigmento. Resultaba difícil de eliminar y la película pictórica quedaba claramente dañada y sensibilizada.

Conclusión:

El agar-agar actúa de forma controlada en estado sólido, y resulta mucho más fácil de manipular evitando daños en el film pictórico. No es recomendable utilizarlo en estado líquido sobre superficies porosas, irregulares, dañadas o disgregadas, pues al enfriar solidifica entre las partículas de pigmento e incluso de mortero, desprendiéndolas y quedando retenido en su interior.



Aplicación del agar-agar en estado líquido directamente sobre la superficie de los temple de caseína (izquierda) y huevo (derecha)



Agar-agar aplicado a pincel sobre la superficie del temple de cola (izquierda) y retirada con bisturí de la capa superficial del soportante en el temple de caseína (derecha)



Imágenes donde se aprecia la pérdida de pigmento sobre el agar-agar (izquierda) y tras su retirada con hisopo seco del temple de huevo

6. - BIBLIOGRAFÍA

ANZANI, M.; et al.: Gel rigidi di agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso—Use of Rigid Agar Gels for Cleaning Plaster Objects. Translation by D. Kunzelman. Quaderni Cesmar7, No. 6. Padua: Il prato, 2008. ISBN: 88-63360-34-0

BARBERO, Juan Carlos: *Una alternativa a los arranques tradicionales de pintura mural*. En *Actas del Seminario sobre restauración de pinturas murales: tratamientos y metodologías de conservación de pinturas murales*, Aguilar del Campoo (Palencia), Fundación Santa María la Real. Centro de estudios del Románico, 2005, pp.122-148. ISBN 84-89483-97-3

BOTTICELLI, Guido: *Metodologia di Restauro delle Pitture Murali*, Firenze, Centro Di Edifimi Srl, novembre 2003. ISBN: 88-70382-28-1

CAMPANI, E.; CASOLI A.; CREMONESI, P.; SACCANI, I.; E. SIGNORINI, E. *L'uso di agarosio e agar per la Preparazione di "gel rigidi"*—Use of Agarose and Agar for Preparing "Rigid Gels". Translation by D. Kunzelman. Quaderni Cesmar7, No. 4. 2007. Padua: Il prato. ISBN: 88-7853-138-7

CREMONESI, Paolo: *L'ambiente acquoso per il trattamento di opere policrome*, Padova, Editrice Il prato, 2012, (no tiene ISBN)

DOERNER, Max: *Los Materiales de pintura y su empleo en el Arte*, Barcelona, Editorial Reverté, 2005, ISBN: 84-291-1423-8.

DOMENECH CARBÓ, M^a Teresa y YUSÁ MARCO, Dolores Julia: *Aspectos físico-químicos de la pintura mural y su limpieza*, Valencia, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, ISBN: 84-9705-941-7.

FERRER MORALES, Asunción: *La Pintura Mural. Su soporte, conservación, restauración y las técnicas modernas*, Sevilla, Universidad de Sevilla, Secretariado de publicaciones, 1998, ISBN: 84-472-0464-2.

GIANNINI, Cristina; ROANI, Roberta: *Diccionario de Restauración y Diagnóstico*, Donosita- San Sebastián, Editorial Nerea, 2008, ISBN: 978-84-96431-01-0.

LAUBSCH, H.: *Con la brocha y la pintura*, Barcelona, Editorial Reverté, 1979, ISBN: 84-291-1445-9.

MORA, Paolo e Laura; PHILIPOT, Paul: *La Conservazione delle Pitture Murali*, Bologna, Editrice Compositori, 2001, ISBN: 88-7794-279-7.

MORENO CIFUENTES, M^a Antonia: *La consolidación de revestimientos murales en yacimientos arqueológicos*, Aguilar del Campoo (Palencia), Fundación Santa María la Real. Centro de estudios del Románico, 1998, ISBN: 84-89483-07-8.

PARRA, Enrique: *Análisis Químico de los materiales orgánicos en pinturas murales. Aplicaciones al proceso de consolidación*, Aguilar del Campoo (Palencia), Fundación Santa María la Real. Centro de estudios del Románico, 1998, ISBN: 84-89483-07-8.

RATTAZZI, Andrea: *Conosci il grassello di calce? Origini, produzione e impiego del grassello in architettura, nell'arte e nel restauro*, Monfalcone (Gorizia), Edicom Edizioni, 2007, ISBN: 978-88-86729-70-3.

SÁNCHEZ ORTIZ, Alicia: *Restauración de obras de Arte: Pintura de Caballete*, Tres Cantos, Madrid, Ediciones Akal, 2012, ISBN: 978-84-460-3110-9.

SORIANO SANCHO, Laura; SÁNCHEZ PONS, Mercedes; RIOG PICAZO, Pilar: *Conservació i Restauració de Pintura Mural: Arrancaments, traspàs a nous suports i reintegració*, Valencia, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2008, ISBN: 978-84-8363-246-8.

Wolbers, R. C.: *Cleaning Painted Surfaces: Aqueous Methods*, London: Archetype Publications. 2000 ISBN: 978-1-8478-8774-0

V.V. A..A.: *Surface Cleaning: Quantitative Study of Gel Residue on Cleaned Paint Surfaces*. Preprints, 18th International Congress, International Institute for Conservation, Melbourne, 2000.

RECURSOS EN RED:

Agua, sus características y comportamiento [en línea] Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>> [consulta de 12 abril del 2013]

CREMONESI, Paolo: *Rexlexiones sobre la limpieza de superficies policromadas*, 21 marzo 2011, [en línea] <http://unicum.cat/es/2011/03/reflexions-sobre-la-neteja-de-les-superficies-policromades-2/#_ftn17> [consultado 19 de mayo de 2013]

C.T.S. PRODUCTS: Colas, aditivos y cargas [en línea]. Disponible en: <<http://www.ctseurope.com/catalogo.asp?lingua=ESP&grupo=10&capitolo=5¶grafo=1>> [consulta 8 de junio del 2013]

DORGE, Valerie: *Geles de limpieza, proyecto de investigación*, Newsletter 15.3, otoño 2000, GettyInstitute[en línea]<http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/15_3/news_in_cons.html> [consultado el 19 de mayo del 2013]

Ficha Técnica agar-agar [en línea] Disponible en: <<http://www.granvelada.com/es/algas-marinas/924-comprar-agar-agar.html#.UZjeq6KctJs>> [consulta 19 de mayo del 2013]

Ficha técnica Arbocel [en línea] Disponible en: <http://www.ctseurope.com/depliants/%7BD1083A0E-2206-48BF-B756-46D42F81C47E%7D_Pagine%20da%204.2%20pulitura%20per%20impacchi%20-%20cariche-105.pdf> [consulta 18 de mayo de 2013]

Ficha técnica Vanzan NF-C: [en línea] Disponible en: <http://geiic.com/files/Cursos/Borgioli_Vanzan.pdf> [consulta 19 de mayo del 2013]

Ficha técnica *Tris* base: [en línea] Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Tris>> [consultado el 17 de junio del 2013]

GOREL, Florencia: *Evaluación de gel de agar cargada con micro-emulsión para la limpieza de superficies porosas*, *CeROArt* [en línea] | 2010, en línea desde el 17 de noviembre de 2010, < <http://ceroart.revues.org/1827>> [consultado el 19 de mayo de 2013]

Información sobre la extracción de pintura mural durante la década de 1930 extraída de: [en línea]<<http://enelvallearte.blogspot.com.es/2009/12/el-romanico-fuera-de-lugar-traslado-de.html>> [consulta 27 de junio de 2013]

SORIANO SANCHO, Pilar; SERRA LLUCH, Juan: *Las técnicas de arranque de pintura mural para conservar documentación histórica de un edificio*, Valencia, Arché Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, 2010. [en línea] Disponible en: http://www.irp.webs.upv.es/documents/arche_article_144.pdf [consultado el 2 de julio de 2013]

TRABAJO FINAL DE MÁSTER:

GILBERT MONTERO, Maite: *La consolidación de pinturas murales al temple. Fijación de películas pictóricas pulverulentas. Estudio y comparación de materiales y aplicación*, Tesis de master en conservación y restauración de bienes culturales no publicada, Universidad Politécnica de Valencia, 2011-2012.

GÓMEZ RUBIO, Raquel: *Revisión de los estabilizadores de los rayos UVA en un sistema de barnizado como el multicapa*, Valencia, Tesis de master en conservación y restauración de bienes culturales no publicada, Universidad Politécnica de Valencia, 2010-2011.

LEÓN BARRENA, Virginia: *La cuadratura en el Barroco Valenciano. Vías de penetración en Valencia de las arquitecturas pintadas de ámbito italiano*, Valencia, Tesis de master en conservación y restauración de bienes culturales no publicada, Universidad Politécnica de Valencia, 2011-2012.

SOLER GONZÁLEZ, Noemí: *Revisión Crítica de los agentes mateantes y los sistemas de aplicación en los barnices pictóricos*, Valencia, Tesis de master en conservación y restauración de bienes culturales no publicada, Universidad Politécnica de Valencia, 2007-2008.

APUNTES ASIGNATURAS:

CREMONESI, Paolo: *Modificar las propiedades y la acción del agua y de los disolventes orgánicos, incrementando su viscosidad gracias a los gelificantes*, material inédito, Valencia, Cesmar7- Centro per lo Studio dei Materiali per il restauro, 7/02/2008.

REGIDOR ROS, Jose Luís: *Murales bajo la lupa: revisión crítica de los materiales y técnicas de limpieza*, No publicados, Master en Conservación y restauración de Bienes Culturales, Universidad Politécnica de Valencia, 2010-2011.

SORIANO SANCHO, Pilar: *Revisión crítica de las metodologías tradicionales en los arranques de pinturas murales*, No publicados, Master en Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Universidad Politécnica de Valencia, 2010-2011.

ZALBIDEA MUÑOZ, M^a Antonia. Apuntes de la asignatura: *Historia de los colorantes y barnices artísticos*, No publicados, Master en Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Universidad Politécnica de Valencia, 2007-2008.

7.- AGRADECIMIENTOS:

Tras la presente investigación que se ha llevado a cabo y que da lugar a la obtención del Título en los Estudios de Postgrado en Conservación y Restauración, quiero agradecer en primer lugar a Pilar Soriano, por dirigir este estudio y las facilidades al acceso a materiales y espacios durante el proceso.

De manera especial y con mi más sincero agradecimiento a Tona Zalbidea, por su ayuda desinteresada, su disponibilidad, exigencia y esfuerzo, así como por los conocimientos que aportó durante el proceso de elaboración de las probetas, especialmente durante la aplicación de las técnicas pictóricas.

Incondicionalmente, a Miguel F. Silva. Sus conocimientos en el campo de los hidrogeles y la elaboración de soluciones tampón, sus consejos y su curiosidad, han hecho posible este trabajo.

Y por supuesto a mi familia, que ha volcado una confianza ciega y positiva hacia mis capacidades y me ha animado en el proceso de mi formación.