

ESTUDIO FORMAL Y COMPOSITIVO DE FILMS ADHESIVOS NO TÓXICOS EMPLEADOS EN LA PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DEL ESTRATO PICTÓRICO: ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE MASA Y RANGO DE DUREZA

Lara Villar Ruiz y Susana Martín Rey

Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia
Taller de análisis e intervención en pintura de caballete y retablos

AUTOR DE CONTACTO: Susana Martín Rey, smartin1@crbc.upv.es

RESUMEN: *La protección y consolidación del estrato pictórico es uno de los tratamientos más comunes en pinturas sobre lienzo. En esta investigación se han diseñado, formulado y analizado nuevas mezclas adhesivas acuosas de carácter consolidante, a partir de productos naturales no tóxicos para el restaurador, como alternativa al empleo de adhesivos de base solvente con elevados niveles de vapores tóxicos.*

Se han testado cinco tipos de sustancias filmógenas de diferente composición atendiendo a su fuente de origen. Se trata de colas de tipo proteico, sustancias microbianas y derivados vegetales.

Los estudios realizados se han centrado en la obtención de datos cualitativos referentes al comportamiento físico-mecánico de los films adhesivos, focalizando los ensayos en la determinación de la pérdida de masa y el rango de dureza, al ser éstos dos de las propiedades más importantes a tener en cuenta en su empleo como materiales de protección.

PALABRAS CLAVE: adhesivos naturales, consolidación, pintura sobre lienzo, dureza, pérdida de masa, films adhesivos

1. INTRODUCCIÓN

Las sustancias adhesivas han tenido siempre un papel fundamental en el ámbito pictórico y restaurativo y su uso es tan antiguo como la propia historia del arte.

Inicialmente los materiales empleados con fines adhesivos, eran de origen natural predominando el uso de colas animales y engrudos a base de harina. A partir del siglo XIX con el inicio de la Revolución Industrial y de forma más generalizada en el siglo XX, se comienzan a desarrollar gracias al avance de la ciencia, una amplia gama de productos adhesivos formulados a partir de polímeros sintéticos, capaces de satisfacer las necesidades del restaurador.

Actualmente, paralelo al estudio de los polímeros sintéticos, se está empezado a desarrollar lo que se denomina como *Química Verde*, que se fundamenta en la búsqueda de alternativas al empleo de sustancias tóxicas, diseñando nuevas materias inherentemente más seguras respecto a su potencial de peligrosidad (Martín et al., 2010:97). Estos productos además de tener la cualidad propia de ser inocuos para el restaurador y el medio ambiente, deben poseer una serie de características para ser susceptibles de ser empleados tratamientos de restauración de pinturas sobre lienzo.

Este estudio se divide en dos partes diferenciadas, en primer lugar se realiza un análisis pormenorizado de los cinco materiales objeto del estudio, posteriormente en segundo lugar se desarrolla el trabajo experimental de testado en el laboratorio donde se han analizado las propiedades físico-mecánicas de los films con el fin de determinar su pérdida de masa y dureza.

2. OBJETIVOS

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con esta investigación son los siguientes:

- Desarrollar un estudio analítico de sustancias adhesivas naturales empleadas en procesos de protección y consolidación del color en pintura sobre lienzo, con el fin de conocer al máximo su estructura, sus características, ventajas e inconvenientes y poder con ello, determinar su posible comportamiento al interaccionar con una obra de arte.

- Formular nuevas mezclas adhesivas acuosas de carácter consolidante, destinadas a solventar problemas de descohesión del estrato pictórico en obras con soporte textil, a partir de productos de origen natural o mixto, de acuerdo con los requisitos deontológicos indispensables para ser empleadas en tratamientos restaurativos.

3. METODOLOGÍA

3.1. Caracterización y estudio de los materiales

Los materiales empleados se dividen en tres grupos atendiendo a su fuente de origen. Es por ello que se clasifican en derivados animales, donde se ha analizado la gelatina técnica y la cola de pescado, derivados microbianos con el estudio de Vanzan NF- C®, un producto comercial a base de goma xantano y un último grupo de derivados vegetales en el que se han examinado dos sustancias con propiedades adhesivas, la soja y el almidón.

3.1.1. Derivados animales

Los dos materiales pertenecientes a este grupo son colas orgánicas que según el animal de partida se clasifican en colas procedentes de huesos y cueros de ciertas clases de mamíferos; y en colas de pescado obtenidas a partir de espinas y pieles.

Las colas orgánicas son de origen proteico. Las proteínas son macromoléculas lineales constituidas por aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos. La más abundante en este tipo de materiales es el colágeno, una molécula que el organismo utiliza como elemento estructural, teniendo dos propiedades fundamentales: baja solubilidad en agua y gran resistencia mecánica. Está constituido por una triple hélice de péptidos, compuestos por 1.000 aminoácidos (principalmente glicina y prolina). Cada una de las tres cadenas péptidicas se enrolla individualmente en una hélice girando hacia la izquierda, estando las tres cadenas juntas enrolladas en una hélice girando hacia la derecha (McGilvery, 1986: 62, 63) (Ver figura1).

La gelatina técnica es una cola que se obtienen a partir de tejidos animales delicados y siguiendo un proceso de refinado más exhaustivo y cuidado que la cola ordinaria (Mayer, 1958: 428).

Las propiedades físicas de la gelatina varían de acuerdo a la composición molecular, al tipo de material de partida y al método de producción. Posee un alto peso molecular, entre 20.000 y

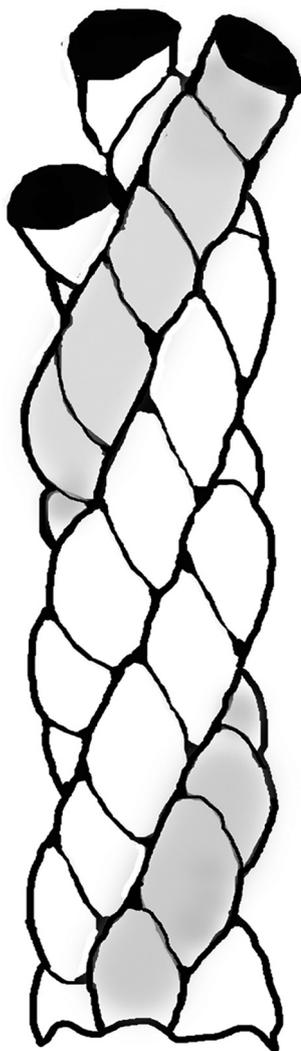


Figura 1. Triple hélice de colágeno

250.000 Da (Horie, 1987: 142). Las moléculas de gelatina son largas y flexibles y en solución adoptan una de sus propiedades más interesantes: la facultad para pasar fácil y reversiblemente de una solución viscosa a un estado rígido por el simple enfriamiento de la disolución (Scicolone, 2002: 179).

Tecnológicamente, la diferencia entre la cola y la gelatina es considerable. Los cambios en la composición afectan a las propiedades coloidales, y al comportamiento de cada uno de estos materiales como adhesivo o como componente de un medio aglutinante capaz de formar películas. Para establecer una jerarquía, el mejor grado de cola de hueso es inferior a casi todos los grados de cola de pieles. La mejor gelatina tiene una consistencia muy fuerte, aunque sus propiedades aglutinantes, adhesivas y de acabado son siempre inferiores a las de cola de pieles (Mayer, 1958: 428).

La cola de pescado siempre se ha considerado de inferior calidad que la cola de pieles y de huesos de mamíferos en cuanto a permanencia y poder adhesivo (Mayer, 1958: 360). Sus diferencias radican en que además de ser ligeramente más sensible al agua, su peso molecular es más bajo y no tiene tanta capacidad de formar geles (Scicolone, 2002: 184).

3.1.2. Derivados microbianos

En este grupo se clasifica Vanzan NF- C®, un producto comercial a base de goma xantano. El xantano es un biopolímero de origen microbiano, producido por la bacteria *Xanthomonas campestris*, parásito de ciertas especies vegetales a partir de un proceso de fermentación aeróbica. Las condiciones de fermentación son muy importantes, ya que tanto el crecimiento de la bacteria como la biosíntesis del xantano se encuentran afectadas por numerosas variables: el inóculo previo, la composición del medio de cultivo, la aireación y agitación del medio, el pH y la temperatura de fermentación. Es por ello que el proceso se lleva a cabo en un ambiente estéril, donde el pH, el contenido de oxígeno y la temperatura están rigurosamente controlados (García, 1997: 69, 74).

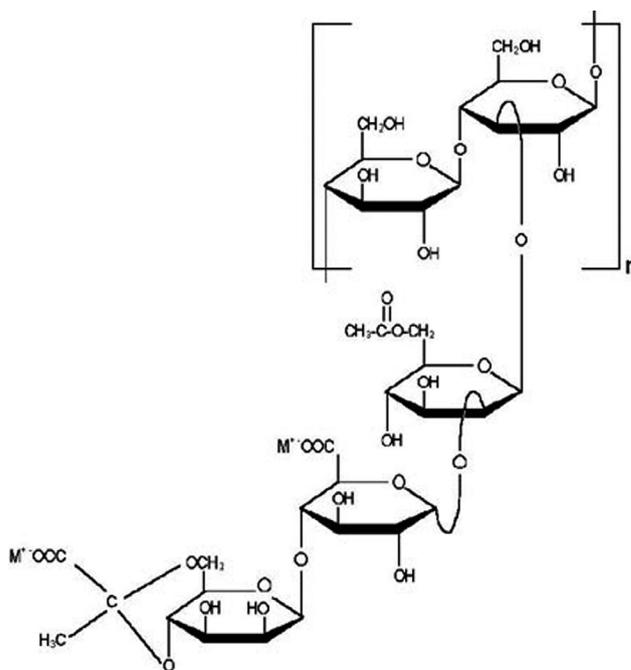


Figura 2. Molécula de goma xantano

Su estructura primaria es una unidad repetitiva de pentasacárido que forma la cadena principal del tipo de la celulosa (glucosa con enlaces glucosídicos β (1-4), y una cadena lateral con dos unidades de manosa y una unidad de ácido glucurónico. Esta cadena lateral de tres azúcares, se une en la posición C3 del resto de glucosídicos alternos. La mitad de los grupos D- manosilos se enlazan directamente a la cadena principal, mediante uniones α - (1-3), el resto se encuentran como grupos terminales no reductores (Paris, 2009: 27) (Ver figura 2).

El xantano es probablemente el polisacárido microbiano que más ha sido estudiado desde el punto de vista de la toxicidad. Se ha demostrado su inocuidad y sus propiedades no nocivas para la salud. Es extremadamente estable en un rango de temperaturas de 4 a 95°C y a un pH entre 1 y 13, siendo compatible con una gran diversidad de agentes usados en formulaciones industriales (V.V.A.A., 2004: 434, 435).

La goma xantano es un material que actualmente tiene una casuística de aplicación limitada por motivo de su reciente introducción en el mercado del arte. Aunque es sabido que sus propiedades adhesivas son limitadas, como ocurre con otros tipos de gomas utilizadas como aglutinantes de diversas técnicas artísticas, se va a llevar a cabo su estudio para comprobar si su adhesión es suficiente para realizar únicamente protecciones de estratos pictóricos en buen estado de conservación, que no precisen de una consolidación.

3.1.3. Derivados vegetales

En este apartado se analizan las características de dos materiales empleados con fines adhesivos, la soja y el almidón.

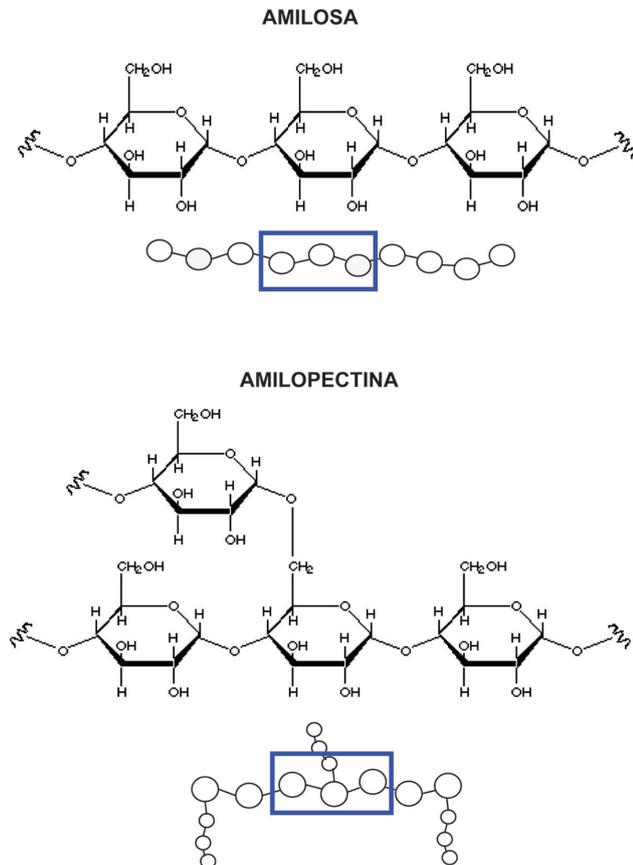


Figura 3. Estructura del almidón

Las investigaciones realizadas hasta la actualidad, acerca de las propiedades adhesivas la soja son muy recientes, siendo un material aún en fase de estudio.

El adhesivo en este caso se ha preparado a partir de harina de soja, un subproducto de la planta de soja (*Glycine max*), obtenido a partir del molido de sus semillas. Proteínas y lípidos son los dos componentes principales y representan aproximadamente un 60% de su composición, el resto se divide entre carbohidratos (35%) y cenizas (5%). El contenido proteico puede variar del 20% hasta el 50% y el de lípidos entre el 12% y el 24%. Los dos componentes están ligados por una relación inversa, con variaciones según la variedad (Venturi y Amaducci, 1988: 189).

La cola de soja se prepara, normalmente con harina o proteínas aisladas y se emplea tanto en frío como en caliente. Las proteínas de soja pueden aislarse de la harina y emplearse para preparar una cola mucho más fuerte y de color más claro que la que puede obtenerse con la harina. La cola de proteína de soja aislada es similar a la cola de caseína en cuanto a sus propiedades físicas, poder adhesivo y resistencia al agua (Houwink y Salomon, 1973:196).

El almidón es la reserva de glúcidos de plantas como el maíz, el trigo, el arroz o la patata. En este caso el empleado es procedente del arroz.

El almidón está formado esencialmente por dos tipos de compuestos semejantes pero no iguales: la amilosa y la amilopectina. Desde el punto de vista de la composición, ambas se encuentran formadas por moléculas de glucosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos. No obstante, el análisis más detallado de la estructura del almidón revela que las dos sustancias muestran diferencias debido al hecho de que en uno y otro caso los enlaces entre las unidades de monosacáridos son diferentes. La amilosa es un polímero de glucosa de cadena lineal y sus moléculas se unen mediante un enlace del tipo α - 1,4 repetido en un número variable (Peña et al., 2004:144). Es soluble en agua y constituye de un 16 a un 35% de la materia que forma el almidón según el material de partida y el proceso de elaboración (Klages, 1969: 366).

La amilopectina, por una parte tiene enlaces del mismo tipo que la amilosa, es decir, α - 1,4 pero también, se unen las moléculas de glucosa mediante enlaces α - 1,6. La presencia de este nuevo tipo de enlaces, análogamente con los anteriores, da lugar a una nueva modalidad de estructura de la molécula, que permite ahora que se produzcan ramificación de las moléculas (Peña et al., 2004:144). La

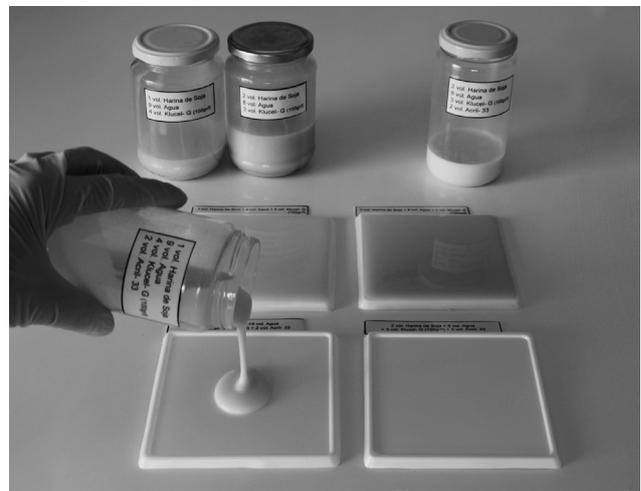


Figura 4. Vertido de los adhesivos en moldes antiadherentes

amilopectina no se disuelve en agua y constituye del 65 al 84% del almidón total (Klages, 1969: 367) (Ver figura 3).

3.2. Estudio previos

La fase de estudios previos ha consistido en la obtención de los films adhesivos que se han utilizado con posterioridad en los sucesivos testados. Para conseguir las muestras, ha sido necesario realizar vertidos en moldes antiadherentes dejándolos polimerizar de forma progresiva bajo condiciones medioambientales de 25° C y 50% HR (Ver figura 4).

Se han preparado un total de 52 mezclas a partir de los cinco adhesivos naturales estudiados: gelatina técnica de piel pura (CTS-España), cola de pescado en placas (CTS- España), Vanzan NF-C® (CTS- España), harina de soja (J. Navarro- Valencia) y almidón de arroz (Productos de Conservación- Madrid). A estas mezclas, se les ha añadido también en alguna ocasión, una pequeña proporción de Acril 33® (CTS- España), con el fin de valorar sus cualidades respecto a los adhesivos iniciales.

En el caso del adhesivo de soja, ha sido preciso adicionar Klucel G® como espesante, hidratado en la proporción 100 gramos por litro, pues una vez evaporada el agua presente en el adhesivo, apenas quedaba residuo en el molde antiadherente y era imposible extraer los films.

En el caso del adhesivo a base de almidón, a causa de su extrema rigidez, además de adicionar una pequeña proporción de resina acrílica, ha sido necesario añadir Klucel G®, esta vez no para espesar sino para elasticar la mezcla.

Al tratarse de adhesivos de origen natural y por lo tanto fácilmente degradables, todas las mezclas contienen un 0,5% de Biotín- T®, a excepción de Vanzan NF-C® que no lleva ningún tipo de biocida al mostrar incompatibilidad con este tipo de producto.

3.3. Pérdida de masa por desecado

Los ensayos se han realizado mediante el método termogravimétrico. Las muestras de adhesivo son pesadas antes y después de su secado.



Figura 5. Báscula de desecado

Los resultados finales se obtienen de la ponderación de los valores aportados por las películas de adhesivo tras calentar las muestras de películas delgadas (1x1 cm). La temperatura aumenta de forma gradual durante 30 minutos entre 30 y 65°C. El secado es originado a partir de dos irradiadores halógenos de cristal de cuarzo de 200W de potencia cada uno.

Los films adhesivos se secan al absorber la irradiación de los halógenos que penetran en la muestra para convertirse en energía calorífica. Al medir el contenido de humedad en un material, no se puede afirmar que se trata simplemente de agua. En esta medición se encuentran implicadas todas las sustancias volátiles y otros compuestos originados con la descomposición térmica.

Mediante el análisis en la báscula de desecado, se puede constatar que films adhesivos pierden más moléculas de agua durante el proceso de desecado, además de valorar que adhesivos son más higroscópicos pesando de nuevo las muestras trascurridas 24 horas.

Este estudio se ha llevado a cabo con una báscula de precisión de desecado *PCE-MB 50 (PCE Group)*, perteneciente a los laboratorios de *Investigación y análisis sobre materiales adhesivos y fibras textiles en tratamientos estructurales en pinturas sobre lienzo*, del *Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (UPV)* (Ver figura 5).

3.4. Dureza

La dureza de un material es una medida de la oposición de éste a ser penetrado por un objeto, lo que provocaría una deformación plástica permanente. Así, un material es tanto más duro cuanto menos se deje "marcar" por otros materiales, y viceversa (Saln, 2005:47).

Existe una gran variedad de métodos de ensayo debido a las diferencias de dureza entre los diversos materiales. En este caso, los films adhesivos se han testado con un durómetro digital de dureza *Shore TH200 (PCE Group)* estandarizado por la norma ASTM D 2240, perteneciente a los laboratorios de *Investigación y análisis sobre materiales adhesivos y fibras textiles en tratamientos estructurales en pinturas sobre lienzo* del *Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (UPV)*.

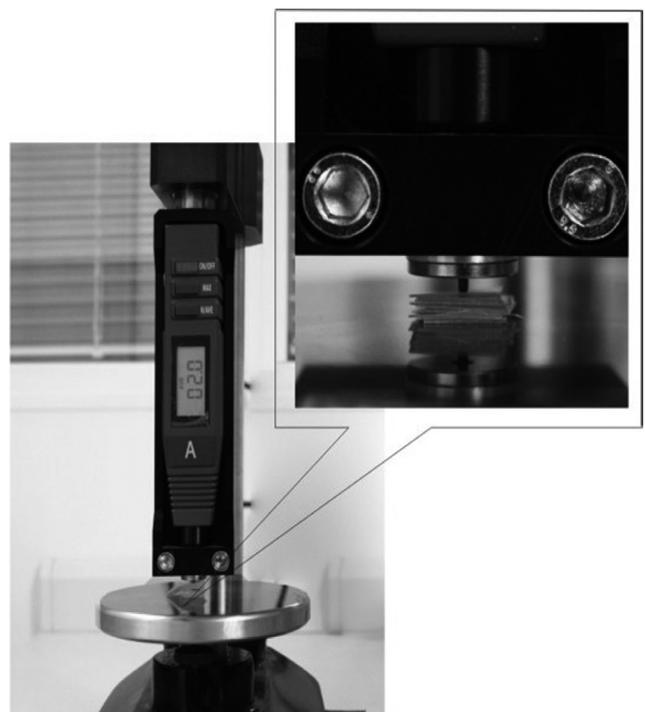


Figura 6. Durómetro

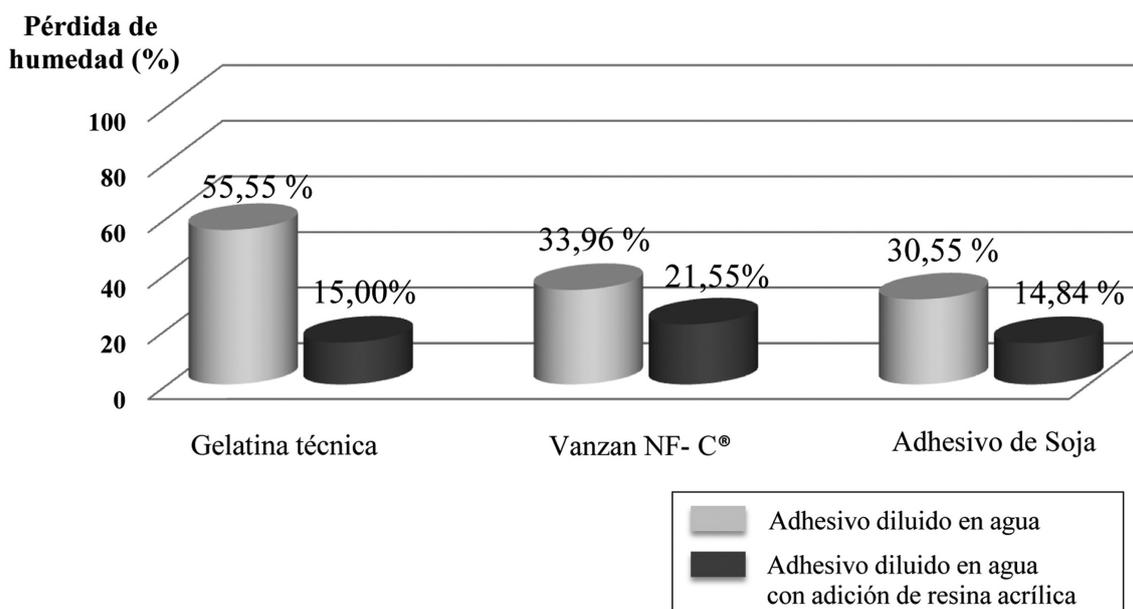


Figura 7. Pérdida de humedad de los films adhesivos

El durómetro viene equipado con la escala Shore A, que es la utilizada para analizar materiales de escasa dureza como plásticos, cauchos o goma blanda. Está compuesto por un pie de apoyo, un indentador, un dispositivo indicador digital con una precisión de lectura de 0,1 unidades y un muelle calibrado (Ver figura 6). El durómetro proporciona un valor que varía de 0 a 100 unidades de dureza (Shore A) con un margen de error ≤ 1 .

4. RESULTADOS

4.1. Pérdida de masa por desecado

Para este ensayo, se ha seleccionado un adhesivo de cada uno de los grupos estudiados hasta el momento, es decir, un derivado animal, uno microbiano y uno vegetal.

Tras consultar los resultados obtenidos, se ha determinado que el adhesivo que más moléculas de agua ha perdido tras el desecado, es el compuesto de gelatina técnica + agua (1:16), con una pérdida de humedad del 55,55%, seguido de Vanzan NF- C® (5% en agua) con un 33,96%.

El adhesivo de soja (harina de soja + agua + Klucel G®, 1:16:3) es por lo tanto el que menos porcentaje de humedad ha perdido con un 30,55%.

En todos los casos, la adición de una resina de tipo acrílico a la mezcla inicial del adhesivo, ha reducido considerablemente la pérdida de humedad; en ocasiones, incluso más de la mitad, como ocurre con la Gelatina técnica + Agua + Acril 33® (1:16:1), que tan solo pierde un 15,00% en comparación con el 55,55% del adhesivo en puro diluido en agua (Ver figura 7).

A partir de estos resultados, se deduce que en este caso, la adición de una resina sintética a la mezcla inicial del adhesivo, favorece la estabilidad del mismo ante los cambios de temperatura, ya que pierden menos moléculas de agua que las mezclas iniciales.

Una vez desecadas, las muestras se han sometido nuevamente a unas condiciones ambientales de 25°C y 50%HR, durante 24 horas con la

intención de constatar cuanto peso han recuperado, y por lo tanto, cuanta humedad han absorbido del ambiente.

En el siguiente gráfico se muestran las variaciones de masa de cada uno de los films. Se han pesado un total de tres veces; en el momento inicial, tras el desecado y transcurridas 24 horas, momentos que se representan con los números 1, 2 y 3 (Ver figura 8).

La gelatina técnica diluida en agua, ha perdido tras el desecado un 33,33% de su masa inicial. En condiciones ambientales normales transcurridas 24 horas ha recuperado el 16, 67% respecto a la película de adhesivo desecado. Con la adición de resina sintética, el intercambio de humedad con el ambiente se reduce notablemente, como ya se ha señalado.

Con el desecado ha perdido un 8,7% de su masa inicial, recuperando de nuevo un 4,65%. En ambos casos, los films adhesivos recuperan la mitad de la masa que han perdido con el desecado, respecto al adhesivo inicial tras entrar en contacto con el ambiente, en las mismas condiciones que en el momento de la primera medición (25°C y 50% HR).

Con Vanzan NF- C®, no ocurre lo mismo. En un primer momento la masa es de 0,008 gr, con el desecado pierde un 20%, es decir su masa es de 0,006gr. En la tercera medición se obtiene un valor de 0,010 gr. Esto quiere decir que, el film adhesivo ha absorbido un 25% de humedad ambiental, encontrándose con un 5% más de masa en relación a la inicial. Con este dato, se confirma que la goma xantano, materia prima del producto Vanzan NF- C®, es muy higroscópica, capaz de recuperar e incluso exceder el contenido de moléculas de agua perdidas en ambientes con temperaturas elevadas y humedad relativa baja, en menos de 24 horas. No obstante, con la adición de la resina acrílica, sucede algo parecido a lo ocurrido con la gelatina técnica. Inicialmente pierde un 10% de su masa inicial, y recupera tan solo un 5%.

El adhesivo de soja tiene un comportamiento ante los cambios termohigrométricos similar, también a la gelatina técnica, aunque la disminución de masa es menor.

Tras el desecado pierde un 18,19% de su masa inicial y recupera como en otros casos la mitad de la masa perdida, que en términos

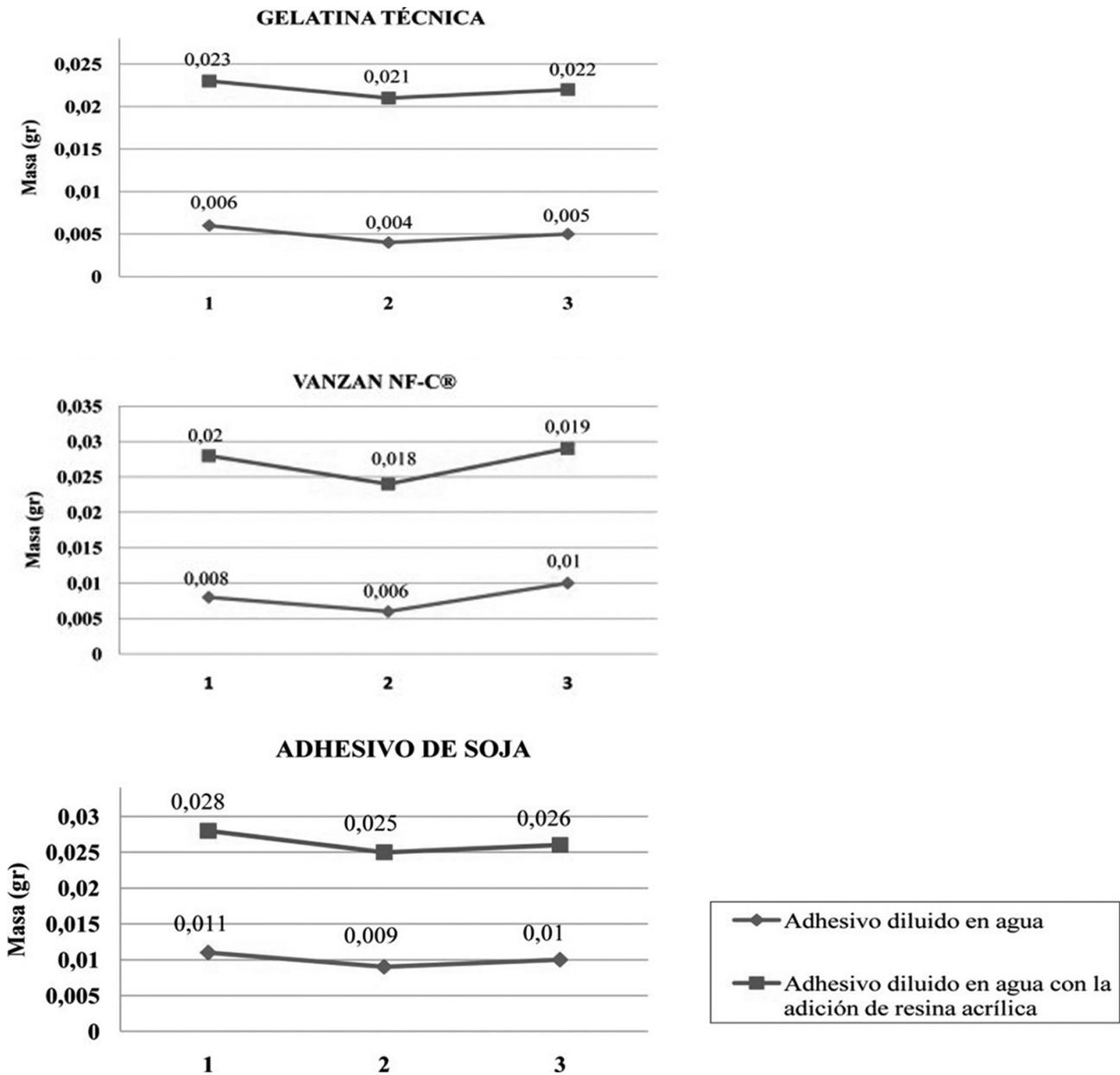


Figura 8. Variaciones de masa de los films adhesivos

porcentuales se traduce en un 9,09%. En combinación con la resina sintética se reducen estos valores; inicialmente pierde un 10,72%, mientras que recupera pasadas las 24 horas un 3,57% de la masa perdida.

En conclusión, las mezclas que menos variaciones han mostrado ante este estudio son aquellas que tiene en su composición, un mínimo de porcentaje de resina sintética.

4.2. Dureza

Todos los valores de dureza de los materiales adhesivos testados, se encuentran en torno a 36 y 72 unidades de dureza (Shore A). Vanzan NF- C® + agua (5%) y Vanzan NF- C® + Acril 33® (5% en agua +

10% resina acrílica) son las que han presentado valores de dureza más elevados (67,23 y 72,53 respectivamente). Entre los adhesivos con índices más bajos, se encuentra la gelatina técnica diluida en agua (1:16), con un valor de 36,50 y el adhesivo de soja compuesto de harina de soja + agua + Klucel G® (1:16:3) con 41,60 unidades de dureza. En todos los casos, la adición de una resina acrílica a la formula inicial del adhesivo, ha supuesto un incremento en los valores resultantes (Ver figura 9).

Los índices de dureza y los proporcionados por ensayos convencionales de tracción, utilizados para conocer los parámetros de resistencia y el límite de elasticidad de los materiales, están estrechamente relacionados, aunque en este estudio no se contemplen. De esta manera, se puede considerar de un modo general

Unidades de dureza (shore A)

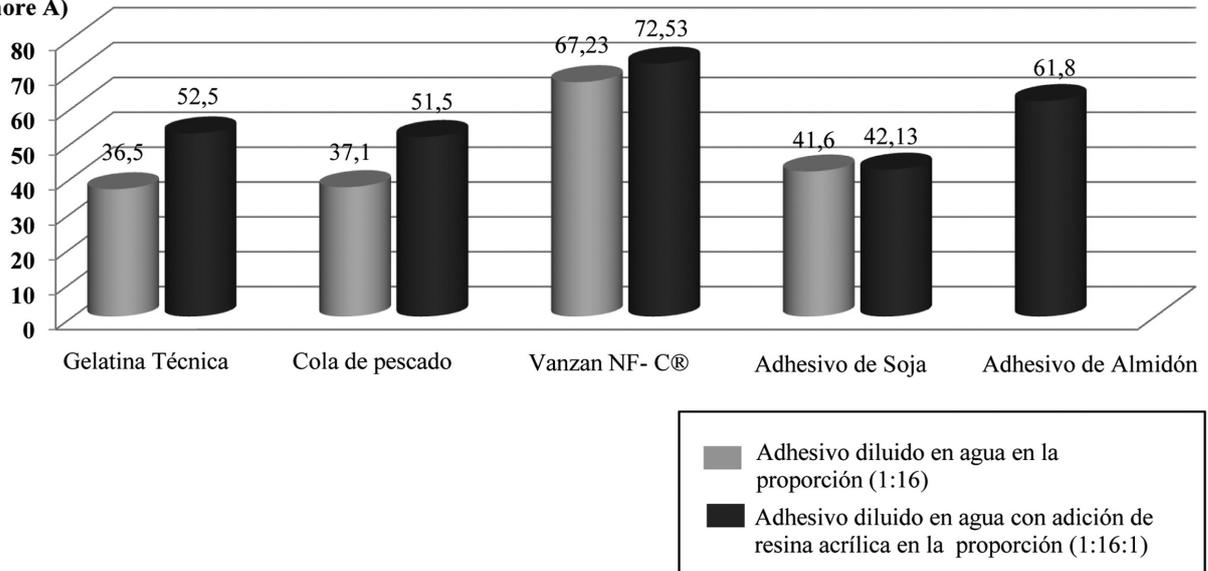


Figura 9. Índices de dureza

que los materiales de dureza elevada presentan gran resistencia a la tracción y viceversa.

Desde el punto de vista conservativo de las obras, los adhesivos más adecuados son aquellos que presentan índices de dureza bajos. El producto introducido deberá caracterizarse por una flexibilidad tal que lo haga adaptarse a los movimientos de la obra, de manera que los movimientos reales sean los del original y nunca predomine el comportamiento del añadido. Si esto ocurriera, acabaría por alterar la obra, siendo estas diferencias especialmente evidentes en aplicaciones puntuales. Por lo tanto debe conservar lo mejor posible las características del objeto antes del tratamiento y permitir los movimientos naturales de la estructura pictórica (Villarquide, 2005:130).

5. CONCLUSIONES

El objetivo principal, siempre presente en este estudio, ha sido hallar nuevas mezclas consolidantes de base acuosa a partir de productos adhesivos naturales, no nocivos para la salud y respetuosos con medioambiente.

Los cinco materiales propuestos se distribuyen en tres grupos; derivados animales, microbianos y vegetales. La gelatina técnica, la cola de pescado (derivados animales) y el almidón de arroz (derivado vegetal), son tres productos con buenas propiedades adhesivas, muy empleados a lo largo de la historia. Con ellos se han formulado nuevas mezclas de carácter consolidante mitigando en la medida de lo posible, sus características negativas comúnmente conocidas.

Los productos restantes, Vanzan NF-C® (derivado microbiano) y el adhesivos a base de soja (derivado vegetal), son materiales introducidos recientemente en el mercado, aún en fase de desarrollo, con los cuales se ha experimentado con el fin de valorar sus cualidades, en relación a una serie de requisitos que han de tener los consolidantes para ser susceptibles de ser empleados en pinturas sobre lienzo.

En esta investigación se han analizado dos de las propiedades más importantes de los adhesivos teniendo en cuenta el uso al que están destinados: la pérdida de masa y la dureza.

Tras consultar los resultados obtenidos mediante la báscula de desecado, el material que más porcentaje de humedad ha perdido, es la gelatina técnica diluida en agua (1:16) con una pérdida del 55,55%. El que menos es el adhesivo a base de soja compuesto de harina de soja + agua + Klucel G® (1:16:3) con un 30,55% de pérdida de moléculas de agua. La adición de una resina acrílica favorece la estabilidad de los consolidantes frente al desecado de las muestras, reduciendo los valores de pérdida de humedad casi a la mitad en la mayoría de casos.

Respecto a los índices de dureza se ha verificado que del total de films analizado, los adhesivos con valores más elevados son los compuestos por Vanzan NF- C®. Los que han mostrado niveles más bajos son los adhesivos a base de gelatina técnica.

Cuando se añade al consolidante inicial compuesto por el producto natural diluido en agua, un porcentaje de resina acrílica, los valores de dureza aumentan.

En relación a los resultados obtenidos mediante estos ensayos, se demuestra que los adhesivos de origen natural o mixto diseñados a partir de los principios en los que se basa la *Química Verde*, son una buena alternativa frente a otro tipo de adhesivos de base solvente.

Las nuevas líneas de investigación se dirigen hacia el desarrollo y mejora de las formulaciones aquí propuestas, con la intención de hallar un adhesivo que satisfaga mejor las necesidades del restaurador y minimice al máximo los aspectos negativos comúnmente conocidos, que poseen los adhesivos existentes hasta el momento.

BIBLIOGRAFÍA

- García- Ochoa, F., Santos, V.E., Alcón, A. (1997): "Xanthan gum production in a laboratory aerated stirred tank bioreactor". *Chemical and biochemical engineering quarter* 11(2) 69-74.
- Horie. C.V. (1987): *Materials for Conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings*, edn, Butterworth Heinemann, London.
- Houwink. H.; Salomon. G. (1973): *Adherencia y adhesivos. Enciclopedia de la Química Industrial*, edn, Urmo, Bilbao.

Klages, F. (1969): *Tratado de química orgánica*, edn. Reverté. S.A., Barcelona.

Mcgilvery.W.R. (1986): *Conceptos Bioquímicos*, edn Reverté S.A., Barcelona.

Martín Rey, S.; Robles De La Cruz, C.; Martín Martínez J.M. (2010): "Adhesivos exentos de disolventes como alternativa a las formulaciones actuales: "green- adhesives" aplicados a tratamientos estructurales del soporte textil." in *XII Reunión técnica: Hacia una Conservación - Restauración sostenible: Retos y proyectos*, 3-4 Mayo de 2010, Barcelona.

Mayer.R. (1958): *Materiales y técnicas del arte*, 4nd edn Hermann Blume, Barcelona.

París Ripoll, X. (2009): "Obtención de exopolisacáridos de interés industrial a partir del lactosuero y permeatos". Universidad de Granada.

Peña, A; Arroyo, A; Gómez-Puyou, A; Gómez, C; Tapia, R. (2004): *Bioquímica*, 2nd end Limusa, México D.F.

Saln Ballesteros. M.N. (2005): *Tecnología de procesos y transformación de materiales*, end Universitat Politècnica de Catalunya, S.L., Barcelona.

Venturi, C.; Amaducci, M.T. (1988): *La Soja*, end Mundi-Prensa, Madrid.

Villarquide, A. (2005): *La pintura sobre tela II: Alteraciones, materiales y tratamientos de restauración*, end Nerea, San Sebastián.

English version

TITLE: *Formal and compositional study of non-toxic adhesive films used in the protection and consolidation of the pictorial stratum: analysis of the loss of mass and hardness range*

ABSTRACT: *Protection and consolidation of the pictorial stratum is one of the commonest treatments in paintings on canvas. In this research new water-based adhesive consolidating mixtures have been designed, from natural products which are non-toxic for the restorer, as an alternative to the use of solvent-based adhesives with high levels of toxic vapours.*

Five types of filmogenic substances of different compositions have been tested, in view of their original source. These are protein glues, microbial substances and plant derivatives.

The studies carried out have concentrated on obtaining qualitative data on the physical-mechanical conduct of adhesive films, focusing the tests on determining the loss of mass and the range of hardness, since these are two of the most important properties to take into account in their use as protection materials.

KEYWORDS: *natural adhesives, consolidation, painting on canvas, hardness, loss of mass, adhesive films*