
LAS PINTURAS DE ACETATO DE POLIVINILO: CARACTERIZACIÓN, ENVEJECIMIENTO Y CONSERVACIÓN PREVENTIVA A TRAVÉS DE UNA OBRA DE UISO ALEMANY

Paula Fernández Valdés¹, Esther Nebot Díaz², M^a Teresa Moltó Orts³

^{1, 2, 3} Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universitat Politècnica de València

Autor de contacto: Paula Fernández Valdés, pauferva@posgrado.upv.es

RESUMEN: *El presente artículo estudia la obra de uno de los artistas valencianos más importantes del panorama contemporáneo de los últimos 50 años, Uiso Alemany Masip, e incluye un análisis de la técnica pictórica y materiales empleados en la obra Hombre Alienado, de 1987, cedida para su estudio por el Museo de Arte Contemporáneo Vicente Aguilera Cerni, (MACVAC) en Vilafamés, Castellón. La obra de Uiso Alemany es un legado contemporáneo de gran valor no solo artístico sino también científico, ya que emplea materiales que suponen un reto en su conservación; el acetato de polivinilo como medio pictórico con pigmentos sintéticos orgánicos en dispersión, arcilla y betún. Este material, ampliamente utilizado en la pintura contemporánea ha sufrido a lo largo de su historia de habitual confusión terminológica lo que dificulta la revisión bibliográfica.*

Así pues, la investigación se centra primordialmente en la caracterización de la pintura de PVA, mediante técnicas analíticas, y la investigación de archivo, para extraer la información adecuada y comprender su estructura química, proceso de secado y polimerización y comportamiento e interacción con los diferentes elementos plásticos utilizados por el artista. Además, se ha estudiado la degradación del acetato de polivinilo mediante ensayos de envejecimiento acelerado en cámara climática para determinar cuáles son los factores determinantes en su deterioro y establecer un protocolo de conservación preventiva que garantice así la correcta conservación de este tipo de obras en las instituciones.

Se presenta pues una caracterización integral y una investigación que pretende ser útil, rigurosa y completa de un material fundamental para la pintura contemporánea y presente, de forma a veces oculta o no identificada, en muchos de nuestros museos.

PALABRAS CLAVE: Uiso Alemany, acetato de polivinilo, caracterización, conservación preventiva.

TITLE: *Polyvinyl Acetate Paints: Characterization, Aging and Preventive Conservation through Uiso Alemany's Artistic Production*

ABSTRACT: *The present essay studies the work of one of the most important artists from Valencia in the contemporary scene over the last 50 years, Uiso Alemany Masip, and includes a thorough analysis of its pictorial technique and materials used in the work Hombre Alienado, from 1987, ceded for the study by the Museo de Arte Contemporáneo Vicente Aguilera Cerni, in Vilafamés, Castellón. Uiso Alemany's work is a contemporary legacy of great value, not only artistic, but also scientific, since it uses materials which pose some challenges for its conservation, such as: polyvinyl acetate mixed with synthetic organic pigments, clay and pitch. This material, widely used in contemporary painting has suffered through all its story from terminological confusion, which hinders the bibliographic review.*

Thus, the investigation focuses primarily in the characterization of the PVA paint, using analytical techniques and archival research in order to draw the right information and acknowledge its chemical structure, film formation and polymerization process and behavior in combination with the artists plastic resources. Also, it's degradation has been studied through accelerated ageing tests in a climatic chamber to determine which are the decisive environmental factors with the aim of stablishing a preventive conservation protocol to guarantee the conservation of this type of art works.

It is presented then, a comprehensive characterization and an investigation that pretends to be useful, accurate and total, of a fundamental material for contemporary art and present, sometimes hidden or unidentified, in a lot of our museums.

KEYWORDS: Uiso Alemany, vinylic latex, characterization, preventive conservation.

1. INTRODUCCIÓN

El acetato de polivinilo (PVA) se utiliza en el campo artístico desde los años '40 del pasado siglo, y es un material polimérico comercializado en forma de dispersión coloidal, que se obtiene de la copolimerización de monómeros de acetato de vinilo y alcohol vinílico. Se desarrolló paralelamente a las pinturas acrílicas y, aunque se considera de calidad inferior a dicha resina, con menor capacidad de aglutinar pigmentos y peor envejecimiento (Learner: 2000), han sido y siguen siendo numerosos los artistas que lo han empleado en sus obras como medio pictórico.

Esta investigación se centra en el estudio del PVA con el fin de comprender la complejidad del material y, al mismo tiempo, facilitar métodos de conservación preventiva para las obras que lo contienen. Para ello, se eligió la obra *Hombre Alienado*¹ de Uiso Alemany, que reunía los criterios deseados: ser una obra con relevancia histórica, artística y técnica, y no haber formado parte de ningún estudio anterior por parte de la institución que la custodia, el Museo de Arte Contemporáneo Vicente Aguilera Cerni.

La investigación aportará conocimiento sobre su composición exacta y estado de conservación, y enfrentará los datos de la obra con los datos obtenidos de la experimentación sobre el PVA para determinar cómo de resistente es su configuración en diferentes parámetros termohigrométricos.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de la investigación consiste en estudiar el comportamiento y degradación de la estructura química del acetato de polivinilo ante diferentes oscilaciones termohigrométricas, con el fin de establecer patrones que permitan evitar el deterioro a partir del control de dichos factores.

Para ello, se testa el material objeto de estudio mediante ensayos climáticos en una cámara de control de temperatura y humedad. Los resultados obtenidos se comparan con los datos recibidos de la caracterización de la obra *Hombre Alienado*, expuesta en el MACVAC desde su creación, así como los obtenidos de otras dos obras *Díptico* y *Tríptico* creados con los mismos materiales en el mismo momento, pero almacenados en el estudio del autor.

Contrastando todos los datos se pretende determinar si el material es resistente y cómo de determinantes son las condiciones climáticas para su degradación, con el fin de establecer una horquilla de condiciones termohigrométricas en las que se asegure la preservación de las obras realizadas con este material.



Figura. 1. Obra *Hombre Alienado*, caso de estudio. Anverso.

3. METODOLOGÍA

Se distinguen dos partes de estudio con dos metodologías diferentes.

3.1. Estudio Histórico Artístico

Comprende la investigación sobre el autor, la obra y sus condiciones expositivas. Para su realización se han consultado fuentes de información primarias, lo más directas posibles, que han sido las entrevistas con el personal técnico del MACVAC y con el propio artista Uiso Alemany. A través de estas, se definió el momento de creación de la obra y su historia dentro del museo; así como la forma de crear del artista, sus materiales, la intencionalidad de los mismos y las expectativas que tiene hacia la futura conservación de su obra.

Para el estudio del material principal, el acetato de polivinilo, también se ha obtenido información de numerosas fuentes documentales. La revisión bibliográfica y estudio de documentos sobre procesos similares ha sido imprescindible para el diseño de la parte experimental y la posterior interpretación de los datos obtenidos.

3.2. Estudio técnico experimental

El corpus experimental se ha desarrollado a partir de varias hipótesis. La primera es que el material compositivo de la obra es efectivamente acetato de

polivinilo y pigmentos; y la segunda, que este acetato de polivinilo sufre un estado de degradación causado por factores termohigrométricos.

Para dar respuesta a las hipótesis planteadas se ha desarrollado la siguiente metodología de estudio:

- a. Caracterización de los materiales compositivos de la obra del MACVAC, para lo que se han utilizado distintas técnicas de análisis instrumental y estudio:
 - Registro fotográfico con radiación en espectro visible y no visible, con radiación IR y UV. Planos generales y macrofotografías.
 - Espectrocolorimetría de absorción visible.
 - Microscopía electrónica de barrido SEM-EDX.
 - Espectroscopía por transformada de Fourier FTIR-ATR.
- b. Estudio de las condiciones ambientales de exposición de la obra, medición de la radiación lumínica recibida y de la temperatura y humedad relativa de la sala en la que se expone la obra. Se ha tenido en cuenta los métodos de control pasivo y las circunstancias particulares del edificio histórico en el que se encuentra el museo.
- c. Elaboración de probetas que reproducen las características materiales de la obra *Hombre Alienado*, para su estudio en el ensayo climático en cámara de control de temperatura y humedad, con el objetivo de conocer el proceso de deterioro y envejecimiento del acetato de polivinilo en condiciones extremas controladas diferentes a las del museo. Posterior toma de datos colorimétricos para cuantificar los cambios de color y análisis químico con FTIR-ATR para determinar los cambios producidos en su estructura química.
- d. Caracterización de los materiales de otras dos obras de la misma serie, año y características que la obra *Hombre alienado* del MACVAC, que conserva el artista en su estudio en condiciones ambientales adversas. Se han realizado análisis mediante FTIR-ATR para conocer la composición y grado de deterioro de las muestras extraídas.
- e. Evaluación y comparación de los resultados de las fases anteriores para comprobar la veracidad de las hipótesis planteadas.

4. RESULTADOS

4.1. Uiso Alemany y la obra *Hombre Alienado* del MACVAC

Uiso Alemany Masip nace en 1941 en Valencia y es uno de los artistas contemporáneos más relevantes del panorama valenciano.

Fundador del Grupo *Bulto*, uno de los grupos artísticos menos estudiados del Franquismo y de formación autodidacta, Alemany se define como un explorador de la plástica. De formación autodidacta se encuentra siempre en viaje, buscando nuevas formas de mirar y de expresar en sus obras, que cuestionan el concepto tradicional de la pintura.



Figura. 2. El artista Uiso Alemany durante una de las entrevistas en su estudio.

Alemany ya era un pintor consolidado nacional e internacionalmente, cuando, con la Transición, emigra a Nueva York, donde comienza una etapa de investigación plástica. Es a partir de este momento cuando deja de lado la figuración y se adentra en la creación de series de grandes formatos, que incluyen materiales compositivos particulares como asfalto, arcilla o sílices. Se inicia aquí el germen de lo que será toda su posterior trayectoria, con un claro carácter experimental.

A este período, tras la vuelta de Nueva York, entre la serie *Ací New York* de 1985 y la *Serie Morocco* de 1990, pertenece la obra aquí analizada, en la que se suman varios elementos de las fases anteriores además de los nuevos recursos aprendidos en América. Predominan en las obras de este periodo la abstracción, el expresionismo y el gesto artístico, de los que no se pueden extraer significados ni mensajes. Como defiende el autor, no hay intencionalidad, sino líneas irracionales y primitivas; no es pintura, sino lenguaje (Cremades i Arlandis: 1987).

La obra *Hombre Alienado*, de 1987 es claro exponente de esa forma de entender el arte, y supone una pieza representativa en la historia conceptual y matérica del artista: se trata de una obra abstracta de gran formato, realizada en técnica mixta, con pintura de acetato de polivinilo y pigmentos, arcilla y betún, sobre loneta de algodón sin preparación.

4.2. Caracterización de la obra *Hombre Alienado*

El estudio material de la obra pretendía caracterizar el PVA y sus aditivos en la medida de lo posible, así como los pigmentos empleados². Una vez identificados, se evaluó también el nivel de degradación de los compuestos, así como la relación entre esa degradación y el entorno climático de la obra.

Para obtener dicha información, se llevaron a cabo distintos exámenes *in situ*. Se realizó un estudio fotográfico del anverso y reverso con luz visible, rasante y transmitida, así como con luz ultravioleta e infrarroja, lo que permitió pre-identificar algunos de los pigmentos. También se tomaron datos de humedad, temperatura e iluminación en la sala y se realizó un estudio colorimétrico.

Finalizado este estudio preliminar, se tomaron muestras de las fibras de la obra y de cada color, incluyendo el petróleo y la arcilla, que se analizaron mediante SEM-EDX³ y FTIR-ATR. La selección de las técnicas responde a las características de los materiales, parte de ellos de tipo inorgánico como las arcillas, y parte de ellos orgánicos, primordialmente el polímero acetato de polivinilo, objetivo y materia principal de estudio de la investigación.

De entre todo el estudio, los resultados más reseñables para la investigación fueron los obtenidos mediante FTIR-ATR. La técnica confirmó que el aglutinante de la obra es un acetato de polivinilo, dado que todas las muestras presentan picos de absorbancia en las franjas 1737, 1375 y 1020 cm⁻¹ (Learner: 2004 & Wypich: 2016).

No se aprecia importante presencia de plastificantes como el DBP⁴ o el PEG⁵, que pueden haberse perdido o confundirse con otras bandas de absorción como las de los pigmentos orgánicos, que se identificaron como azoicos.

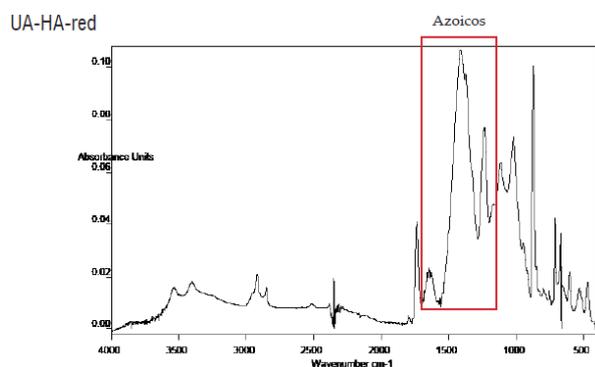


Figura. 3. Espectro de absorción de la muestra de color rojo.

4.3. Condiciones expositivas y estado de conservación

Para comprender mejor el estado de conservación de la obra, así como los daños químicos que se pretenden analizar en el acetato de polivinilo que la compone, hay que conocer cuáles son las actuales condiciones de exposición climáticas y lumínicas.

Villafamés es una localidad con una temperatura media anual aproximada de 16°C y una humedad relativa media anual aproximada del 65%. El edificio en el que se ubica el museo presenta varios condicionantes. Se trata de un Bien de Interés Cultural, un palacio del gótico civil valenciano del siglo XV en el que la colocación de sistemas de control climático y cualquier modificación que afecte al edificio resulta complicada por tratarse de un Bien de Interés Cultural (BIC). Además, se asienta sobre piedra de rodano, muy impermeable, de modo que la humedad se acumula en el suelo y asciende por capilaridad a las gruesas paredes de piedra.

Dentro del museo, la temperatura media se mantiene en torno a los 16°C, con una oscilación a lo largo del año entre los 14°C y los 24°C, y cambios máximos de $\pm 5^\circ\text{C}$ en una jornada. La humedad relativa, en el ciclo diario se mantiene estable en torno al 50%, con una oscilación máxima de $\pm 5\text{-}10\% \text{HR}$.⁶

En cuanto a la iluminación, las fuentes lumínicas de la sala donde se expone la obra son de tecnología LED libres de IR/UV, de 1000 lúmenes y con un CRI de 97. Las mediciones con el ultravioletómetro⁷ dieron un resultado de cero emisiones en el rango ultravioleta, dado que tampoco hay fuentes de luz natural en la sala. Las mediciones de luz incidida no sobrepasaban los 300 lux en ningún punto de la obra.

En cuanto al estado de conservación de la obra, *Hombre Alienado* se encuentra en adecuado estado de conservación. Para determinar que el estado era satisfactorio, se ha atendido al criterio del artista, aunque hay que destacar que la zona inferior, donde se concentran más empastes de pintura sobre betún, ha sufrido desprendimientos.

Se observa así mismo a simple vista craquelados (algunos pretendidos por el artista) y manchas en las zonas blancas por las migraciones bituminosas. La tela se encuentra destensada.



Figura. 3. Craquelados intencionados y desprendimientos en la zona de superposición de pintura blanca y betún.

4.4. El Acetato de Polivinilo

El PVA es, de todas las dispersiones vinílicas, la más utilizada con diferencia por su bajo coste. Químicamente, la estructura del acetato de polivinilo es compleja y ha ido evolucionado desde su irrupción en el mercado, de homopolímero a copolímero⁸ (Jablonski: 2003). La elección de realizarlo como copolímero se debe a que, a lo largo del proceso, se le añaden compuestos como el PMMA⁹, que se evapora durante el secado, dejando la superficie de la pintura dura y brillante, pero no permite que la dispersión se disuelva correctamente en el agua.

Para resolver este problema, durante la polimerización, se mezclará el acetato de polivinilo con hidróxido de sodio y metanol, con lo que se obtendrá polivinil-alcohol y se creará una cadena de copolímero de poliacetato de vinilo y polialcohol de vinilo. Los grupos alcohol de la composición son hidrofílicos, mientras que los grupos acetatos son hidrofóbicos, por lo que se formarán unas estructuras micelares, que retendrán el PMMA en el centro, disperso en partículas dentro del agua de la dispersión global. El resultado será una dispersión estable, que se mantiene sin sedimentación de partículas (Keddie: 2010).

El material, por su composición, sufre de diversos factores intrínsecos que afectarán a su deterioro. De entre ellos el más importante para este estudio será el *cross-linking* o reticulación¹⁰ (Ferreira: 2010), que ocurrirá durante el secado, la polimerización y el envejecimiento, produciendo amarilleamiento.

4.5. Ensayos realizados en cámara climática

Los ensayos de envejecimiento acelerado son aquellos en los que se pretende simular, mediante la exposición del material a cambios termohigrométricos y radiación lumínica, la degradación que dichos factores tendrían a largo plazo en los objetos de estudio, en una menor ratio de tiempo del que sería necesario en tiempo real.

Dichos ensayos se llevan a cabo con diferentes propósitos: para determinar la estabilidad química y cambios físicos asociados del material, para comprobar la idoneidad de su uso, conociendo su comportamiento bajo ciertas condiciones y los mecanismos y procesos de su degradación (Feller: 1994), etcétera. En cada caso, los límites de degradación aceptables serán distintos, siendo ésta una de las dificultades de la realización de ensayos de envejecimiento acelerado¹¹. En el momento de establecer los límites que separan un cambio aceptable de uno inaceptable existirán diferentes criterios, entre los que se encuentran los de los conservadores y los del artista, que pueden llegar a ser muy distintos¹².

Llevar a cabo estas pruebas, además, es técnicamente complicado, puesto que las condiciones elegidas para realizarlas a veces son demasiado extremas, y no siempre son aplicables en comparativa con la realidad. Existe el riesgo de que las condiciones demasiado elevadas o reducidas de temperatura y humedad provoquen un curso de deterioro que, en condiciones habituales, no se daría del mismo modo.

Pese a las complicaciones expuestas, en esta investigación se incluye un ensayo en cámara climática, con el objetivo de conocer el comportamiento del acetato de polivinilo en algunas condiciones termohigrométricas poco estudiadas hasta el momento. Documentar el proceso de degradación química del material permite dar conclusiones sobre su estabilidad como material artístico y sobre las condiciones de humedad y temperatura que puede soportar. Los resultados de la degradación, medidos con FTIR-ATR, se compararon con los obtenidos de las obras de Uiso Alemany; la ya estudiada *Hombre Alienado* y las obras *Díptico* y *Tríptico*¹³ de la colección privada del artista.

En concreto, en esta investigación, el ensayo se realizó en ausencia de luz. La elección de realizar ensayos en cámara climática en ausencia de luz fue motivada por dos factores. En primer lugar, que existen numerosos ensayos sobre fotodegradación del PVA, mientras que no hay tantos centrados sólo en el uso de los factores termohigrométricos y, por otra parte, que las obras tomadas como comparativa no están expuestas a intensidad lumínica nociva¹⁴, pero sí lo están a cambios termohigrométricos.

Una vez se determinó el uso de los factores de humedad y temperatura, fue más compleja la definición de los parámetros a utilizar. La elección estuvo supeditada a la comprobación de las siguientes hipótesis planteadas sobre la alteración química del acetato de polivinilo:

1. Las altas temperaturas provocan oxidación y *cross-linking*, que dan como resultado el amarilleamiento del polímero. Este efecto se agudiza en presencia de alta humedad relativa (Feller: 1994).

2. La alta humedad relativa en presencia de una temperatura lo suficientemente elevada, provoca la disolución de algunos aditivos y la hidrólisis de las cadenas poliméricas (Nechifor: 2016).

3. La baja humedad relativa provoca la migración de algunos aditivos, como los plastificantes, a la superficie. Dicha migración se acelera exponencialmente cuanto más alta sea la temperatura mientras no se produzca *cross-linking*, dado que los aditivos ya no tendrán espacio para migrar (Bart: 2006).

Con el objetivo de medir estas alteraciones se propusieron los siguientes ciclos:

Tabla 1. Parámetros propuestos para cada ciclo.

	Humedad	Temperatura	Horas
Ciclo I	80%	70°C	670 h
Ciclo II	80%	35°C	360 h
Ciclo III	10%	35°C	360 h

La elección de los parámetros estuvo motivada por dos razones principales. En primer lugar, las obras mencionadas, *Hombre Alienado* en el MACVAC y las obras *Díptico* y *Tríptico* propiedad de Alemany, ya habían envejecido durante 32 años en diferentes condiciones, más adecuadas las del museo y más adversas las del almacén del autor¹⁵; por lo que todos los datos sobre su degradación química y alteraciones consiguientes se han obtenido del análisis técnico. Así pues, se consideró necesario emplear condiciones más extremas, dado que, si en esta situación no se producía una degradación relevante, se podría afirmar que es improbable que se diera en condiciones habituales a medio plazo.

Para el ensayo se diseñaron tres series de probetas idénticas entre sí que simulan los materiales de las obras estudiadas, utilizando el acetato de polivinilo, tela y pigmentos indicados por el autor. Se emplearon los que se consideraron los materiales más representativos: blanco de titanio, azul ultramar, rojo orgánico, amarillo orgánico, arcilla y acetato de polivinilo. Las probetas se nombraron de la siguiente manera:

Tabla 2. Nominación y composición de las probetas.

Serie	Nominación	Descripción
SA/SB/SC	P1	PVA + Melinex®
	P2	PVA + algodón.
	P3	PVA + blanco + arcilla + algodón
	P4	Algodón
	P5	PVA + blanco + algodón
	P6	PVA + azul + algodón
	P7	PVA + rojo + algodón
	P8	PVA + amarillo + algodón

Los pigmentos se unieron con el PVA en proporción 50:50, tal como había indicado el autor. Esta pintura se extendió sobre fragmentos de loneta de algodón 100% sin lavar, aplicada sobre los cuadrantes en dos zonas diferenciadas, una de película uniforme y otra de empaste, reproduciendo la técnica del autor.

En el ensayo se empleó una cámara de clima constante Binder, modelo KMF 240, disponible en el Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universitat Politècnica de València. La cámara se programó para mantener los parámetros de cada ciclo de manera constante, favoreciendo los deterioros químicos y evitando los cambios dimensionales más bruscos que resultarían de las fluctuaciones y del estrés mecánico del material. El desarrollo experimental fue el siguiente:

Ciclo I. La Serie A se introduce en estado inicial y se mantiene durante 670 h a 70°C127 y 80% de HR.

Ciclo II. Se conserva la Serie A, degradada en el ciclo I, y se introduce la Serie B, en estado inicial. Se mantienen a 35°C y 80% de HR durante 360 horas.

Ciclo III. Se mantienen las Series A, degradada en los ciclos I y II, y B, degradada tras el ciclo II y se introduce la Serie C, en estado inicial. Se dejan a 35°C y 10% de HR durante 360 horas.



Figura. 4. Probetas experimentales dentro de la cámara.

Para comprobar los efectos de los ciclos, se empleó el análisis mediante FTIR-ATR y el estudio espectrocolorimétrico. Se analizó primero el estado inicial de las probetas y se tomaron datos después de cada ciclo. Dichos resultados se compararon entre sí y con los obtenidos de las obras *Hombre Alienado*, *Díptico* y *Tríptico*, para observar el deterioro sufrido y concluir cuál de los factores (la temperatura o la humedad) resulta más perjudicial para el acetato de polivinilo y debe ser especialmente controlado mediante la conservación preventiva.

5. CONCLUSIONES

5.1. Resultados estudio colorimétrico

Los resultados más significativos se obtuvieron, como era de esperar, tras el Ciclo I. En las probetas de la Serie A realizadas con PVA sin pigmento (SAP1 y SAP2) se observó un rápido amarilleamiento desde el inicio del ciclo que alcanza una diferencia de color en SAP1 de ΔE^*ab^{16} 17.2 en la zona de empaste al finalizar las 670 h.

Esta Serie A es la más deteriorada y al final de todo el ensayo, tras pasar por todos los ciclos, la muestra de SAP1 alcanza un valor ΔE^*ab de 20.3. Las muestras igualmente configuradas de la Serie B y C amarillean en valores mucho más bajos, lo que puede ser causado por realizarse el ensayo en condiciones de oscuridad (Jablonski: 2003)¹⁷

Las probetas con pigmento, sin embargo, padecen cambios apenas perceptibles de color, con valores que

oscilan entre ΔE^*ab 1 y 3. Los colores no pierden intensidad por lo que es de esperar que en condiciones de almacenamiento sin luz se mantengan estables.

5.2. Resultados estudio FTIR-ATR

Los resultados obtenidos mediante el análisis realizado con FTIR-ATR en las probetas de la Serie A tras el Ciclo I, documentan una serie de cambios en la estructura química del polímero como consecuencia de la exposición a las altas temperaturas. Se producen en concreto tres fenómenos: oxidación, *cross-linking* y desacetilación. Así mismo, se observa pérdida de componentes provocada, por un lado, por la volatilidad de algunos aditivos y, por otro, por la hidrólisis, al conjugar alta temperatura con alta humedad.

Estos resultados se observan claramente en las probetas sin pigmento SAP1 y SAP2. El aumento de absorbancia entre 1600 y 1750 cm^{-1} (Pintus: 2010 & Doménech: 2011) demuestra la formación de dobles enlaces C=C, provocados por la liberación de ácido acético durante la desacetilación así como por la oxidación del compuesto.

Dicha desacetilación se produce comúnmente durante las primeras semanas en condiciones normales, por la coalescencia en el proceso de formación del *film*. En este caso, se continúa produciendo por la hidrólisis, que se muestra con el aumento del pico a 1736 cm^{-1} y por la aparición de otros a 1556 cm^{-1} y 1600 cm^{-1} ¹⁸. Dicha hidrólisis es la que ha podido provocar el descenso de los grupos éster, que se corresponden con el pico 1232 cm^{-1} .

En cuanto al Ciclo II, el comportamiento de la Serie A y la B son diferentes. En las muestras de PVA sin pigmento de la Serie A se aprecia cierto grado de hidrólisis, que en la Serie B es mucho menos acusado. Esta hidrólisis afecta a los grupos ésteres de forma irregular según la probeta analizada.

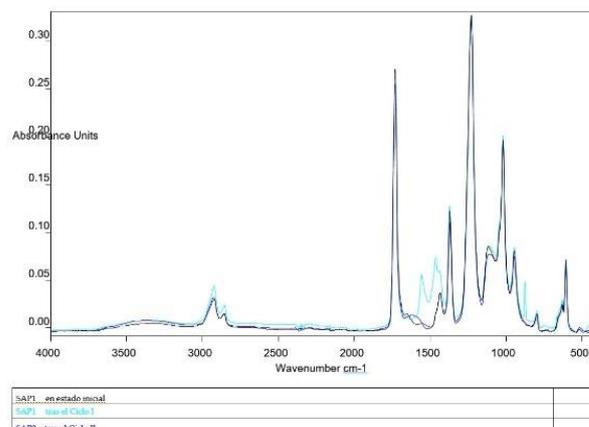


Figura. 5. Espectros SAP1 y SAP2 (PVA + Melinex© y PVA + algodón) antes y después de los Ciclos I y II.

Finalmente, en cuanto al Ciclo III, en el que se pretendía observar la expulsión de plastificantes, se pueden identificar en todas las muestras de las tres series bandas que corresponderían a dichos aditivos y que aumentan o disminuyen su absorción. Las bandas correspondientes al alcohol polivinílico (3140-3700 cm^{-1}) desaparecen prácticamente de todas las muestras.

Hay que destacar que, en cuanto a las probetas realizadas con los pigmentos seleccionados, se observa un comportamiento muy diferente. No se observan las grandes variaciones de bandas presentes cuando el PVA está solo, ni se aprecian cambios a simple vista tras los ciclos seleccionados. En cuanto a las muestras de arcilla, como era de esperar, las bandas de absorción y pérdida de agua son las que más varían según el ciclo.

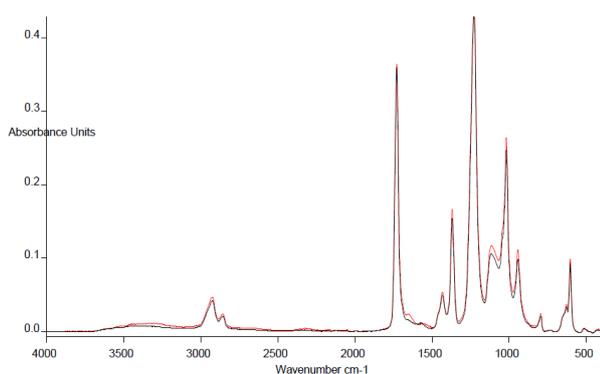


Figura. 6. Espectros de SCP2 (PVA + algodón de la Serie C) antes (rojo) y después (negro) del Ciclo III.

5.3. Deducciones finales

Tras las investigaciones desarrolladas, se puede afirmar que el PVA es un material con buenas propiedades para su uso artístico, soporta una amplia horquilla de condiciones termohigrométricas sin mostrar daños perceptibles.

Los resultados obtenidos tras los análisis realizados en las obras muestran que las almacenadas en condiciones adversas, como sucede en el almacén del artista, sufren mayor grado de degradación química, pero que estos cambios no son perceptibles visualmente. Las obras analizadas, pese a sus distintos entornos climáticos, mantienen los colores originales, tienen la misma consistencia y asimilables deterioros. El acetato de polivinilo, empleado como pintura, es un material resistente en condiciones adversas dentro del clima de la región.

Se ha podido comprobar, tras los ensayos en cámara climática, las buenas propiedades ópticas del PVA como aglutinante. No ocurre así cuando la dispersión se utiliza individualmente en estratos gruesos, ya que amarillea notablemente con altas temperaturas. Aun así, el

material es perceptualmente estable en un amplio margen de temperaturas.

En cuanto a las condiciones de alta humedad relativa, la hidrólisis provocada en las probetas, y presente también en mayor o menor medida en las obras, no ha afectado a su aspecto y textura hasta el momento.

A lo largo de todos los ensayos se puede identificar la presencia de plastificantes, que no se mantienen estables en las muestras, sino que varían en todas las probetas de forma desigual. En general, el estudio de los plastificantes debería realizarse con mayor detalle en futuras investigaciones.

Se confirma que, pese a sufrir daños en su estructura química, el material es resistente a los parámetros termohigrométricos empleados en los ensayos y habituales en los espacios expositivos. Sería recomendable repetir los estudios sobre las obras a medio y largo plazo, para comprobar que no se incrementa la degradación y que los cambios químicos no se traducen en deterioros físicos en la pintura.

Como conclusión, se puede decir que, si bien se debe aspirar a mantener las condiciones de temperatura y humedad recomendables según los parámetros de conservación preventiva, es posible concluir que, en instituciones con edificios complejos como el MACVAC, e incluso en lugares con condiciones adversas como el almacén del artista, las obras no están en riesgo inmediato si las recomendaciones no se cumplen.

AGRADECIMIENTOS

A Dolores Julia Yusa Marco y al Instituto Interuniversitario de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico de la Universitat Politècnica de València, por realizar todas las analíticas de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bart, J. C. J., (2006) *Polymer Additive Analytics: Industrial Practice and Case Studies*. Florencia: Firenze University Press.
- Cremades i Arlandis, F., (1987) "Uiso Alemany: Primitive Play" en *Cimal Arte Internacional*, Vol. 30, pp. 65-80.
- Doménech, M. T., et al., (2011) "Study of behaviour on simulated daylight ageing of artists' acrylic and poly(vinyl acetate) paint films." en *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Alemania: Springer, Vol. 399, No. 9. pp. 2921-2937.

- Feller, R. L., (1994) *Accelerated Ageing: Photochemical and Thermal Aspects*. Michigan: The J. Paul Getty Trust.
- Feller, R. (1985) "Polymer Emulsions." en Feller, R.; Jones, J.; Stolow, N. (eds.), *On Picture Varnishes and Their Solvents*. Washington: National Gallery of Art. pp. 218-225.
- Ferreira, J. L.; Melo, M. J.; Ramos, A. M., (2010) "Poly(vinyl acetate) paints in works of art: A photochemical approach. Part 1." en *Polymer Degradation and Stability*. s.l.: Elsevier, vol. 95. pp. 453-461.
- Jablonski, E. et al., (2003) "The Conservation of Acrylic Emulsion Paintings: A Literature Review." en *Reviews in Conservation*. Londres: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), Vol. 4. pp. 1-13.
- Keddie, J. L.; Routh, A. F., (2010) *Fundamentals of Latex Film Formation*. Bristol: Springer.
- Learner, T., (2004) *Analysis of Modern Paints*. Los Angeles: Getty Publications.
- Learner, T., (2000) "A Review of Synthetic Binding Media in Twentieth-Century Paints." en *The Conservator*. s. l.: ICON, Vol. 24. pp. 96-103.
- Nechifor, M., (2016) "Factors Influencing the Photochemical Behavior of Multicomponent Polymeric Materials" en ROSU, D.; VISAKH, P. M. [ed.], *Photochemical Behavior of Multicomponent Polymeric-based Materials*. Cham: Springer. pp. 21-66.
- Pintus, V.; Schreiner, M.; Wei, S., (2010) "Photochemical degradation study of polyvinyl acetate paints used in artworks by Py-GC/MS" en *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Amsterdam: Elsevier, Vol. 97. pp. 158-163.
- Wypych, G., (2016) *Handbook of Polymers*. Toronto: ChemTec Publishing.

NOTAS ACLARATORIAS

¹ La obra data de 1987 y está realizada con acetato de polivinilo, pigmentos, betún y arcilla.

² El artista empleó en la creación de la obra PVA puro, añadiendo él mismo los pigmentos.

³ Los colores identificados fueron: blanco de titanio y azul ultramar sintético; el resto de los colores son todos de carácter orgánico y contienen una alta proporción de carga de carbonato cálcico.

⁴ Dibutilftalato.

⁵ Polietilenglicol.

⁶ Las salas disponen de medidores continuos de condiciones termohigrométricas, controladas actualmente por el Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales en un proyecto conjunto con la Universidad Politécnica de Valencia. Los datos se encuentran en proceso de publicación.

⁷ Se utilizó para la medición el ultravioletómetro UVA/B Light Meter 850009 de Sper Scientific.

⁸ Un copolímero es un compuesto al que se le añaden otros polímeros diferentes del primario con el objetivo de mejorar sus propiedades, como, por ejemplo, el PMMA.

⁹ Polimetilmetacrilato.

¹⁰ El *cross-linking* o reticulación es una reacción química por la cual las estructuras poliméricas se unen en cadenas tridimensionalmente, formando una red entrecruzada y creando dobles enlaces.

¹¹ Especialmente en este caso dado que se trata de un material artístico, cuyo envejecimiento es inevitable y formará parte de la historia de la obra; situación diferente sería apuntar estas definiciones para un material de conservación, que deba mantenerse estable y retratable a lo largo del tiempo, con cuyos cambios debemos ser más estrictos.

¹² Por ejemplo, en el caso de la obra *Hombre Alienado*, lo que se identificó como un deterioro en un principio, los craquelados de los empastes, resultaron ser un recurso artístico; y los desprendimientos, que pueden considerarse preocupantes para la integridad de la pieza, no lo son para Uiso Alemany. Existe por tanto subjetividad en la identificación del cambio como deterioro.

¹³ Estas obras fueron analizadas siguiendo el mismo patrón de estudio expuesto para *Hombre Alienado*. Las pruebas por FTIR-ATR arrojaron como resultado la misma composición que en *Hombre Alienado*, si bien la absorción de algunas bandas era muy diferente, determinando que la degradación química en estas obras era más acusada, fruto de las diferentes condiciones climáticas.

¹⁴ La obra *Hombre Alienado* no recibe radiación ultravioleta, puesto que siempre ha estado en una sala sin ventanas y, en todo caso antes de las fuentes de iluminación LED actuales, estaría expuesta a fuentes de tipo halógeno o incandescente, que aportarían, sobre todo, radiación infrarroja. Por otro lado, *Díptico* y *Tríptico* están protegidas de la radiación lumínica, dado que se encuentran colocadas anverso con anverso entre ellas y sucesivamente en el fondo de una serie de obras.

¹⁵ Se trata de un almacén de ladrillo sin enlucir con tejado ondulado de fibrocemento situado en la zona de la Huerta Norte de Valencia, cuyas condiciones climáticas no son recomendables según los parámetros actuales de conservación preventiva. Hay una temperatura media anual de 19.5°C y mayores oscilaciones tanto diarias como estacionales que en el museo, así como una humedad relativa media del 55% con una variación del ±10% a lo largo del año y que alcanza tal cifra a lo largo de un día en múltiples ocasiones. Los datos han sido extraídos de las estaciones meteorológicas de la zona.

¹⁶ Calculada utilizando CIE76: $\Delta E^* = ((L^*1-L^*2)^2 + (a^*1-a^*2)^2 + (b^*1-b^*2)^2)^{1/2}$.

¹⁷ En cuyo caso sería reversible al exponerse a la luz, al contrario del provocado en el Ciclo I, que sería irreversible.

¹⁸ Estas bandas pueden deberse también a la expulsión de plastificantes de tipo DBP.