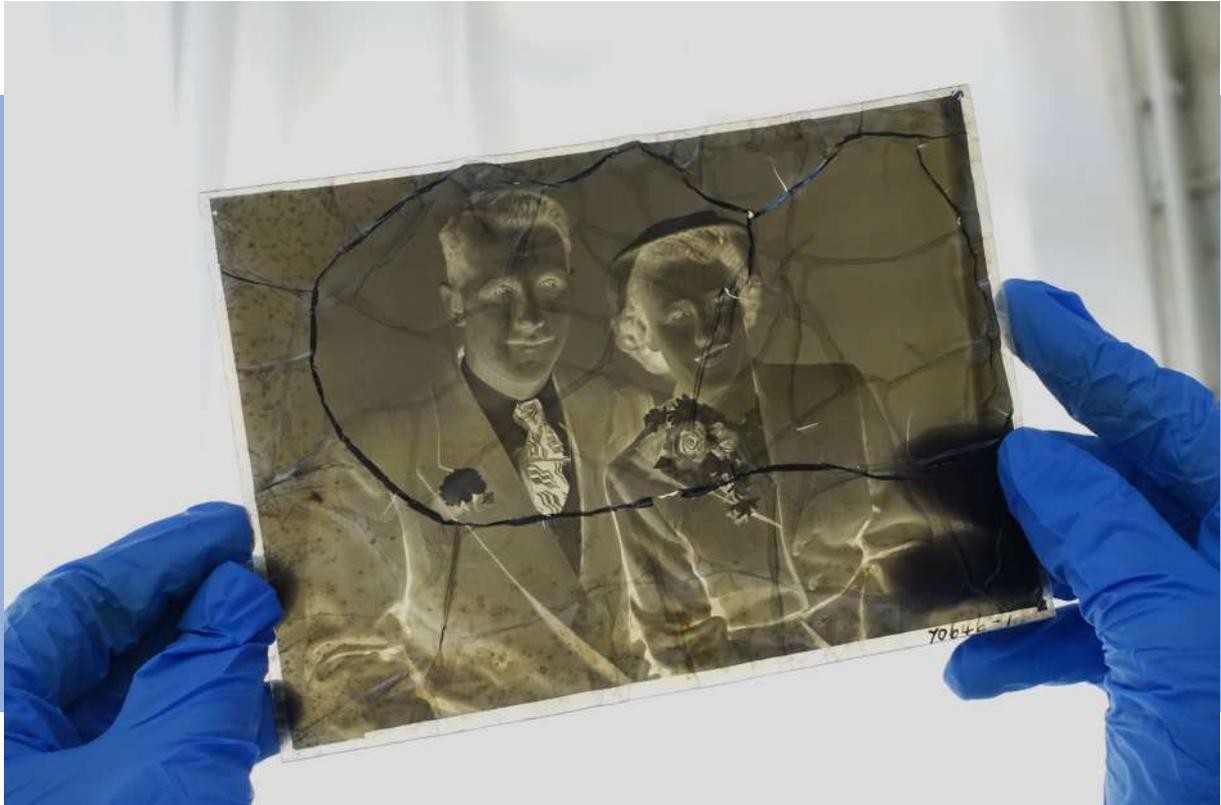


TRABAJO FINAL DE MÁSTER



LA CONSERVACIÓN DE NEGATIVOS FOTOGRÁFICOS EN SOPORTE DE PLÁSTICO A TRAVÉS DEL ALMACENAMIENTO EN TEMPERATURAS BAJO CERO

Origen, identificación, deterioro, conservación preventiva

Valentina Pavón

<https://doi.org/10.55437/TFM4>

Tutor: Marcel Pujol Hamelink

Máster de Conservación y Restauración de Patrimonio Fotográfico
Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya

2022 - 2023

Resumen

En este Trabajo Final de Máster se busca poner el énfasis en la importancia del patrimonio fotográfico en negativo, en especial en aquellos sobre soportes plásticos. A partir de esto, se busca explicar de qué manera nace el soporte fotográfico plástico, qué tipos de soportes plásticos existen, cómo identificarlos y cuáles son sus deterioros más característicos.

Teniendo base en los estudios y publicaciones de numerosos profesionales se establece que la única solución para frenar el avance del deterioro y poder conservar a los negativos originales sobre plástico es mediante el almacenamiento de los mismos en temperaturas bajo cero. Se desarrolla cuales son los beneficios de este método, los requisitos que demanda, y sobre todo, por qué es eficiente para la conservación a largo plazo de los negativos fotográficos.

Por último, luego de exponer diferentes variantes de metodologías, se explica cómo construir un paquete apto para almacenar a los negativos fotográficos en soporte de plástico en un congelador doméstico.

Palabras clave

Patrimonio Fotográfico; Negativo; Nitrato de celulosa; Acetato de celulosa; Poliéster; Almacenamiento en frío.

Abstract

This Final Master's Project seeks to emphasize the importance of the photographic negatives, more specifically those on plastic support. It tries to explain how the plastic photographic support is born, what types of plastic supports exist, how to identify them and detect their most characteristic forms of deterioration.

Based on studies and publications of numerous professionals, it has been established that the only effective solution to stop the deterioration at a fast pace and to preserve the original negatives is by storing them using temperatures below zero. This project will name the benefits of this method, the requirements it demands, and specially why it is efficient for the long-term conservation of photographic negatives.

Finally, after presenting different versions of using this method, it explains how to build a proper package suitable for storing photographic negatives on plastic support using a domestic freezer.

Key words

Photographic materials; Negative; Cellulose nitrate; Cellulose acetate; Polyester; Cold storage.

Agradecimientos

En primer lugar agradecer al tutor Marcel Pujol i Hamelink que gracias a su guía y apoyo la finalización de este trabajo ha sido posible.

Un agradecimiento está en orden para todos los profesores del máster con quienes me puse en contacto para subsanar dudas y pedir ayuda, la comunicación entre profesionales es algo esencial y beneficia al constante aprendizaje.

Además, agradecer a mis compañeros del máster, por la motivación incondicional y acompañamiento a lo largo del proceso.

Y por último, pero no menos importante, a mi familia, que gracias a sus esfuerzos y sacrificios hicieron posible que yo pueda estudiar y dedicarme a lo que me apasiona.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. JUSTIFICACIÓN, DELIMITACIÓN DEL TEMA Y CONTEXTO | 1 |
| 1.1. Motivación y justificación | 1 |
| 1.2. Tema de estudio | 2 |
| 1.3. Estado de la cuestión y contexto | 3 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 2.1. Objetivos generales | 4 |
| 2.2. Objetivos específicos | 4 |
| 3. METODOLOGÍA | 5 |
| CONTENIDO | 7 |
| 4. NEGATIVOS FOTOGRÁFICOS EN SOPORTE DE PLÁSTICO | 7 |
| 4.1. Definición y origen | 7 |
| 4.2. El uso del plástico como soporte fotográfico | 9 |
| 4.3. Identificación y cronología de los diferentes soportes de plástico | 12 |
| 4.3.1. Nitrato de celulosa | 12 |
| 4.3.2. Acetato de celulosa | 13 |
| 4.3.3. Poliéster | 14 |
| 4.4. El deterioro de los plásticos como soportes fotográficos | 15 |
| 4.4.1. Nitrato de celulosa | 15 |
| 4.4.2. Acetato de celulosa | 18 |
| 4.4.3. Poliéster | 21 |
| 5. CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE LOS NEGATIVOS EN SOPORTE DE PLÁSTICO | 22 |
| 5.1. Condiciones ambientales idóneas para su conservación | 22 |
| 5.2. La congelación como sistema de conservación de los negativos en soporte de plástico | 25 |
| 5.2.1. Ventajas y desventajas | 25 |
| 5.2.2. Necesidades, recursos y materiales | 26 |
| 5.2.3. Diferentes sistemas de congelación | 31 |

| | |
|--|----|
| 5.2.4. Acciones adicionales a la congelación | 35 |
| CONCLUSIONES | 36 |
| BIBLIOGRAFÍA | 38 |
| ANEXO 1: Listado de fotografías e ilustraciones | 42 |
| ANEXO 2: Guía de armado del modelo de paquete propuesto para el almacenamiento de negativos en temperaturas bajo cero | 44 |

INTRODUCCIÓN

1. JUSTIFICACIÓN, DELIMITACIÓN DEL TEMA Y CONTEXTO

1.1. Motivación y justificación

El patrimonio fotográfico en negativo siempre ha estado dentro de mis intereses y me parece un tema muy amplio para investigar y adquirir conocimiento. Mi primer contacto con la investigación sobre el patrimonio fotográfico en negativo fue al redactar mi Trabajo Final de Grado centrándome en la identificación de ellos. He visto renacer mi interés en este ámbito en concreto, dentro del patrimonio fotográfico, luego de una charla dada por Fernanda Valverde en el Máster de Conservación y Restauración del Patrimonio Fotográfico sobre la identificación de los negativos de plástico, sus alteraciones y cuáles eran las maneras habituales de conservarlos. A lo largo de esta charla, nos describió, a los alumnos allí presentes, algunos de los proyectos que estaban llevando a cabo en el *Amon Carter: Museum of American Art* donde trabaja actualmente. Uno de ellos era la preservación de las fotografías en soporte de plástico utilizando paquetes diseñados especialmente para generar un microclima que permitiese almacenarlos de manera segura en depósitos recientemente contruidos de manera que pudiesen alcanzar y mantener temperaturas bajo cero.

Escucharla hablar y explicar este tipo de trabajo, no solo me pareció fascinante, sino que también, de alguna manera, insuficiente. Me parecía una técnica lógica, sencilla, fácil de adaptar a diferentes volúmenes de colecciones y a diferentes tamaños de negativos, no entendía por qué no todas las instituciones que tienen bajo su custodia negativos de plástico no implementaban metodologías parecidas.

Evidentemente, esto despertó mi insaciable curiosidad y empecé a indagar sobre el tema. Al poco tiempo descubrí que casi el 90% de la información publicada al respecto de las técnicas de congelamiento como método de conservación estaba en inglés, sin traducciones disponibles al español u otros idiomas.

Mi principal motivación fue entonces poder aportar a los conservadores y restauradores del patrimonio fotográfico de habla hispana un documento teórico que desarrollase de manera generalizada esta metodología tan eficiente y moderna utilizada, en mi opinión, en menos instituciones de las que se debería.

A lo largo de este trabajo se va a buscar recalcar la importancia de los negativos, en este caso en concreto, de los negativos en soporte de plástico. Son objetos únicos, cargan con toda la información de la imagen tomada *in situ* por el fotógrafo y no hay dos iguales. Su preservación debe ser algo que concierna a todos aquellos involucrados en el ámbito del patrimonio cultural.

Asimismo, se harán referencias sobre los distintos tipos de soporte plásticos, los deterioros más comunes que amenazan su estabilidad y la de otras colecciones, y como existen soluciones para combatir estos problemas. El enfoque principal del trabajo estará dirigido a colecciones de

negativos en soporte de plástico de instituciones con fondos no demasiado grandes, con recursos medios o bajos, pero interesadas y comprometidas en la conservación a largo plazo del patrimonio fotográfico en negativo.

Se supo desde los inicios, que los soportes de plástico no eran estables químicamente en condiciones ambientales normales y no controladas. Es por esto, que desde su fabricación se han realizado estudios e investigaciones para poder encontrar maneras de almacenarlos de forma segura y eficiente. En este escrito, se hablará sobre la congelación de los negativos para poder preservarlos a largo plazo, mediante la creación de un sistema de protección primaria adaptado y diseñado para proteger y equilibrar las condiciones ambientales en un almacenamiento con temperaturas bajo cero, con el uso de congelador doméstico sin ningún tipo de requerimientos especiales. Este tipo de sistema está pensado para colecciones pequeñas a medianas, no quiere decir que no sea posible realizarlo en colecciones de mayor volumen, aunque el trabajo se vuelve poco práctico. Para colecciones de mayor tamaño se puede utilizar la misma lógica, pero reemplazando los congeladores domésticos convencionales por depósitos climatizados que alcancen temperaturas bajo cero (similares a los utilizados por restaurantes), lo cual aumenta el costo y complejidad de la propuesta significativamente.

1.2. Tema de estudio

Para poder hablar de la congelación de los negativos como método de conservación preventiva, primero es necesario contextualizar a los negativos en general, a los soportes de plástico en específico, junto con sus alteraciones más habituales y comunes. Asimismo hablar de por qué solo el almacenamiento con temperaturas bajo cero es el único método eficiente para frenar este tipo de alteraciones y poder conservar las colecciones eficazmente.

Es innumerable la cantidad de veces que varios autores han establecido que la dificultad de conservar a largo plazo los negativos en soporte de plástico es real y que la única solución es el congelamiento. Se recalca la importancia de la investigación sobre la relación entre los sistemas de protección primaria e íntima con los deterioros habituales de estos objetos, y además, de los sistemas de protección primaria con las condiciones ambientales de las áreas de almacenamiento. Sin importar si los negativos en soporte de plástico sean, antiguos o recientes, estén o no deteriorados, existen diversos beneficios y complicaciones en relación con los micro y macroclimas utilizados para el almacenamiento de los cuales se hablarán a lo largo del trabajo.

Una vez que se haya establecido la importancia de la preservación, y el uso de las temperaturas bajo cero como única solución, se hará hincapié en el buen desarrollo de la preparación de los sistemas de protección primaria, de los materiales a utilizar y cómo prepararlos previa y adecuadamente. Asimismo, de cómo llevarlo a cabo, además de proponer acciones o proyectos a realizar en simultáneo a la congelación, como la digitalización de los negativos, para disminuir la manipulación y facilitar la consulta.

1.3. Estado de la cuestión y contexto

Desde los inicios de la fotografía se ha intentado encontrar un soporte que sea flexible y transparente, aunque si bien se ha conseguido, ha tardado muchas décadas en aparecer. Cuando se descubrió y se comenzó a implementar el **nitrato de celulosa** como soporte fotográfico (sustituyendo al soporte de vidrio y haciendo posible el nacimiento del cine), se creía que se había dado con el mayor y mejor descubrimiento dentro del mundo de la fotografía luego de la captura de las imágenes a color. Sin embargo, este soporte dio muchos inconvenientes desde un principio por su inherente inestabilidad química y alta inflamabilidad, provocando desastres y accidentes catastróficos en los grandes almacenes en donde se encontraban depositados, aunque supuso un gran avance y dio pie hacia nuevos caminos de innovación e investigación. Fue así como llega el **acetato de celulosa** a reemplazarlo, nombrando el mercado a esta nueva película como *Safety*, creyendo que con ella todos los problemas experimentados con el soporte de nitrato serían remediados con el acetato. Aunque el soporte de acetato de celulosa no sea altamente inflamable como lo es el nitrato, la cantidad de aditivos que buscaban hacerlo mejor era directamente proporcional a como de rápido se iba deteriorando al poco tiempo de su fabricación sin implementar controles o medidas de conservación. Es decir, tanto el nitrato de celulosa como el acetato de celulosa, tienden a volver a su estado inicial revirtiendo su proceso de fabricación causando así el deterioro e inestabilidad de los soportes.

Los deterioros en los soportes de nitrato y acetato de celulosa causaron grandes preocupaciones entre aquellos encargados de custodiarlos, en especial en la década de 1930s cuando evolucionó la industria del entretenimiento y con la cultura del cine el interés por su permanencia se vio incrementado, incentivando estudios e investigaciones para conocer la estabilidad de los soportes fotográficos plásticos (Bigourdan y Reilly, 2002: 1). Estos procesos, en los que las películas iban perdiendo sus propiedades, son totalmente irreversibles, llegando al punto de volver a las imágenes ilegibles e irrecuperables de no aplicarse medidas para salvarlos a tiempo. Gracias al incentivo de los estudios, hoy en día está a nuestro alcance una amplia variedad de información al respecto de cómo y porqué se deterioran los plásticos, aunque sigue habiendo escasez en publicaciones que traten las cuestiones de cómo conservarlos eficientemente. Asimismo, la gran mayoría de las publicaciones e información disponible al respecto no están actualizadas, siendo de hace más de diez años atrás, y en inglés, sin traducciones disponibles al español.

Es evidente, y está respaldado por autores y estudiosos en el área de la conservación y restauración del patrimonio fotográfico¹, que no hay proceso de restauración que los recupere, además de que muchas veces la intervención de una restauración sería extremadamente costosa y muy probablemente imposible de concretar. Reforzando, nuevamente, que la única

¹ Entre ellos se pueden nombrar a Peter Adelstein, Sue Bigelow, Jean-Louis Bigourdan, Roland Gooes, Mark McCormick-Goodhart, Douglas Nishimura, James Reilly, María Fernanda Valverde, y Henry Wilhem, cuyas bibliografías están anexadas en este trabajo y en ellas hacen referencia a que la solución de preservación de fotografías en soporte de plástico es únicamente el almacenamiento en muy bajas temperaturas.

solución es la preservación eficiente y a largo plazo desde lo más temprano posible, preferentemente en temperaturas bajo cero.

Los negativos son la única matriz real del fotógrafo, matriz de la que se pueden sacar copias. Es el único objeto que tiene toda la información de la imagen, y es el objeto resultado del trabajo *in situ* de la toma del fotógrafo. Todas las fotografías de importancia personal, artística o histórica deben considerarse invaluable; una vez que se desvanecen sus imágenes, se dañan o destruyan, no hay manera de recuperarlas. Una vez que se pierde el negativo, se pierde el original (Wilhem y Brower, 1993: 665). Es por esto que con este trabajo se busca incentivar a que se practiquen medidas de conservación conscientes para almacenar negativos fotográficos en soporte de plástico a bajas temperaturas, ya que el frío extremo estabiliza a los negativos dañados, frena y controla el deterioro químico, pero no los restaura ni mejora su condición, el deterioro es un camino sin retorno.

Para poder almacenar a bajas temperaturas, en primer lugar hay que acabar con la creencia de que este tipo de almacenamiento es demasiado caro e inaccesible por la necesidad y dificultad de controlar la humedad relativa en este rango de temperatura. La realidad es que, este tipo de procedimiento es ideal y recomendado para colecciones de pequeño a mediano volumen, o para partes muy importantes de grandes colecciones a las que se haya decidido dar prioridad, puesto que el costo de los refrigeradores o congeladores domésticos a utilizar es bajo en relación a los negativos almacenados en su interior, y que al utilizar los materiales adecuados para realizar un diseño de paquete específico no es necesario mantener una humedad relativa baja, solo alcanza con mantenerla estable.

Si todos los artículos y publicaciones leídas reflejaban que los negativos en soporte de plástico estaban en pésimas condiciones de conservación, ya en ese entonces, es decir, hace más de diez años atrás, es muy probable que de no haber llevado a cabo acciones de este tipo el avance del deterioro hubiese sido veloz y terminal, y hoy todos esos fondos estarían perdidos e irrecuperables.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Cómo objetivo principal y general me he propuesto:

- **Investigar** sobre los soportes fotográficos plásticos, su importancia, su deterioro, y la manera eficiente de conservarlos a temperaturas bajo cero sin control de humedad relativa.

2.2. Objetivos específicos

En cuanto a los objetivos específicos, he considerado necesario poder responder a las preguntas y conceptos que se exponen a continuación:

- **Investigar** sobre la historia de los distintos soportes fotográficos y centrarme en la cronología del uso de los plásticos.
- **Definir** al negativo fotográfico y recalcar su unicidad e importancia.
- **Describir** las diferentes maneras o indicios a utilizar para la identificación de los diferentes soportes fotográficos plásticos.
- **Analizar** y **evaluar** la gravedad de los deterioros habituales que amenazan a este tipo de soportes.
- **Recalcar** por qué el deterioro de los negativos en soporte de plástico es algo irremediable y que urge tratar.
- **Concientizar** sobre la importancia de este tipo de patrimonio.
- **Examinar** los diferentes parámetros de condiciones ambientales y de almacenamiento que recomiendan diferentes autores e instituciones.
- **Fundamentar** por qué las temperaturas bajo cero y una humedad relativa estable son las condiciones ambientales idóneas para la conservación de estos tipos de negativos.
- **Explicar** los beneficios de este tipo de acciones de conservación para colecciones fotográficas.
- **Enumerar** las necesidades, requerimientos y recursos para llevar a cabo correctamente este tipo de acciones.
- **Desarrollar** las pautas para poder llevar a cabo este tipo de conservación correctamente.
- **Exponer** y **comparar** diferentes sistemas de empaquetado para la congelación de los negativos como método de conservación preventiva.
- **Presentar** por qué la conservación preventiva es el único camino eficiente con este tipo de soportes y deterioro, y por qué la restauración no es viable.
- **Proponer** acciones adicionales o alternativas para realizar a la vez que se prepara a una colección de negativos en soporte de plástico para el almacenamiento a temperaturas bajo cero.
- **Otorgar** a la comunidad de conservadores-restauradores de habla hispana con un documento en español cuando la mayoría de la información relacionada con patrimonio fotográfico en soporte de plástico se encuentra únicamente en inglés.

3. METODOLOGÍA

La metodología seguida a lo largo de este trabajo consiste en cuatro fases: delimitación de los temas a investigar y tratar, recopilación de información, procesamiento y análisis de la información, y desarrollo del contenido del trabajo.

En primer lugar, la delimitación de los temas a tratar se abarcó de los temas más generales a los más individuales y complejos, puesto que resultaría imposible desarrollar contenido de calidad

sobre campos tan extensos dentro de este tipo de trabajo. A base de prueba y error se fueron proponiendo distintos puntos de partida que poco a poco fueron formando el listado definitivo de la información a investigar y aportar.

En segundo lugar, para la recopilación de información fue necesario desarrollar un listado de bibliografía relevante sobre los temas a tratar. Este listado se dividió entre aquellos que era posible acceder vía online, entre aquellos que era posible consultar a través de diversas bibliotecas, y entre aquellos que eran de difícil acceso. Una vez que tuviese organizado este listado, a medida que iba leyendo los distintos documentos fui completando fichas de lectura, que a su vez separé entre todos los enunciados de los capítulos.

De esta manera logré tener una única fuente de información en donde me era posible buscar datos sobre un tema concreto, y al mismo tiempo tener la información sobre de dónde lo había obtenido, quién era su autor, y mis notas al respecto.

A lo largo de la redacción del Trabajo Final de Máster, esto resultó ser una herramienta fundamental en cuanto a mi organización, ya que me permitía citar correctamente al autor, con su respectiva publicación y número de página. Además de que me permitía comparar distintos puntos de vista sobre un mismo tema.

En tercer lugar, basándome en las fichas de lectura, de acuerdo al apartado que debía desarrollar, escribía un breve resumen sobre la información bibliográfica recopilada; separaba y reservaba aquellas frases o párrafos de especial interés que pudieran enriquecer el texto y tener la información para citarlos correctamente; realizaba cuadros esquemáticos y tablas que me facilitaban trazar una línea de pensamiento coherente e ir poco a poco agregando la información recopilada. Hasta que por último, en lo que conformaría la última fase de la metodología del trabajo, reunía todas las anotaciones personales, cuadros esquemáticos y tablas en los textos que se encuentran debajo de cada apartado.

En cuanto a la redacción del texto, sufrió modificaciones desde el comienzo hasta el final, no solo en la organización de contenido sino también en la delimitación del tema. De manera periódica, lo desarrollado se compartía y presentaba frente al tutor, quién me guiaba y aconsejaba sobre cómo y en dónde mejorar.

CONTENIDO

4. NEGATIVOS FOTOGRÁFICOS EN SOPORTE DE PLÁSTICO

4.1. Definición y origen

El concepto '**negativo-positivo**' no nace paralelamente con el concepto de la fotografía en 1839 cuando Louis-Jacques M. J. M. Daguerre presentó en la Academia de las Ciencias de París el invento del daguerrotipo. El daguerrotipo es una imagen única, es un positivo directo de cámara, no pueden realizarse copias positivas de ninguna manera, ya sea por contacto o por medio de una ampliadora, ya que para eso se necesita de un negativo que funcione de intermediario en la obtención de la copia. No fue hasta 1841, cuando este procedimiento de '**negativo-positivo**' sería inventado por William Henry Fox Talbot y cambiaría la historia de la fotografía para siempre, puesto que es un método aún utilizado a día de hoy, a pesar y gracias a los cambios y avances tecnológicos que ha sufrido (Mestre i Vergés, 2013).

La aparición del negativo en la historia de la fotografía se debe a la invención del **calotipo** de Fox Talbot en 1841, el cual consistía en la captura de una imagen en negativo sobre un soporte fotosensible, y que, mediante una serie de procesos químicos, era posible obtener una copia por contacto en otro soporte de manera positiva. Es decir, los negativos son imágenes fotográficas que contienen la información de la toma en un soporte fotosensible con la escala de valores tonales y disposición de los elementos de forma invertida con respecto a lo capturado -en las fotografías a color están presentes tonalidades complementarias- y que permiten obtener positivos, siendo estos una copia exactamente inversa, en cuanto a los tonos y disposición, que sí se corresponde con lo capturado por el fotógrafo. Los negativos son generados en la escena real por el fotógrafo, representan la principal fuente de información visual y la mitad del proceso de creación de la copia fotográfica positiva.

En un principio la idea de tener una matriz negativa para generar copias positivas se consideró una desventaja, debido a que la manipulación extra era visto como una manera de ralentizar el proceso. Sin embargo, la posibilidad de generar múltiples copias se empezó a ver con otros ojos no mucho tiempo después, de manera que logró establecerse como uno de los procedimientos predilectos que siguen en uso actualmente.

La identificación de un negativo fotográfico suele ser muy sencilla, solo es necesario prestar atención a que los tonos de la imagen estén invertidos. Esto depende mayoritariamente de nuestro sentido común, y de nuestro conocimiento y relación con la realidad; los negativos dan una sensación fantasmagórica, ya que todo lo que debería ser oscuro, aparece claro, como es el caso de las pupilas.

A lo largo de la historia de la fotografía, se ha intentado dar con el soporte ideal para el negativo fotográfico. Hay una serie de propiedades que debería de tener este soporte, como lo son (Valverde, 1996: 7):

- Las propiedades **mecánicas**. Debe de ser duro y resistente a la tensión, al igual que debe de ser flexible y resistir y acompañar a las contracciones de la emulsión.
- Las propiedades **ópticas**. Debe de ser transparente para poder hacer copias con nitidez.
- Las propiedades **térmicas**. Debe de ser flexible a bajas temperaturas y blando a altas temperaturas.
- Las propiedades **dimensionales**. Debe de ser estable, no debe de cambiar bruscamente bajo condiciones ambientales adversas.
- Las propiedades **formales**. Debe de ser plano y no debe deformarse.
- Las propiedades **químicas**. Debe de poder captar poca o nada de humedad, y debe ser no inflamable.

Como resultará evidente, muy pocos son los soportes que cumplen con todas estas necesidades al mismo tiempo. A lo largo de la historia, los negativos fueron fabricados de diferentes materiales, y dependiendo de ellos y de la época en la que se usaron, se pueden hablar de ventajas y desventajas de todos ellos, no todos se comportan de la misma manera. Una breve cronología de los diferentes tipos de soportes utilizados en los negativos fotográficos sería la siguiente (Valverde, 2005: 4; Lavédrine, 2010):

1. **Papel**. Desde 1841 hasta 1865.
2. **Placa de vidrio**, con colodión como aglutinante de la sustancia formadora de la imagen. Desde 1851 hasta 1885.
3. **Placa seca** (vidrio), con gelatina como aglutinante de la sustancia formadora de la imagen. Desde 1878 hasta 1925.
4. **Nitrato de celulosa**. Desde 1889 hasta 1950.
5. **Acetato de celulosa**. Desde 1925 hasta la actualidad.
6. **Poliéster**. Desde 1955 hasta la actualidad.

Los negativos de plástico, soporte protagonista en este escrito, son de los últimos en implementarse y continúan siendo usados a día de hoy aunque no con tanta frecuencia. Cumplen con muchas de las propiedades ideales para un soporte fotográfico, pero hay muchas otras cuestiones que causan que su vida útil sea muy corta de no conservarlos adecuadamente. Además, presentan signos de degradación muy tempranamente debido a la inherente inestabilidad química de los polímeros empleados en su creación.

Para describir de manera breve la estructura de los negativos fotográficos sobre plástico, se puede decir que constan de varios estratos. Generalmente todos ellos son iguales, salvo algunas diferencias en los primeros e iniciales soportes de nitrato de celulosa. El primer estrato es una capa de protección, la cual suele ser una fina **capa de gelatina** para proteger de abrasiones y otros factores externos a la **emulsión** -el segundo estrato que se encuentra inmediatamente debajo-. El tercer estrato es una capa de **subbing**, una mezcla con alto

porcentaje de nitrato de celulosa que sirve de adhesivo entre la emulsión y el soporte. Luego, el **soporte**, en este caso puede ser indiferentemente nitrato de celulosa, acetato de celulosa, o poliéster.

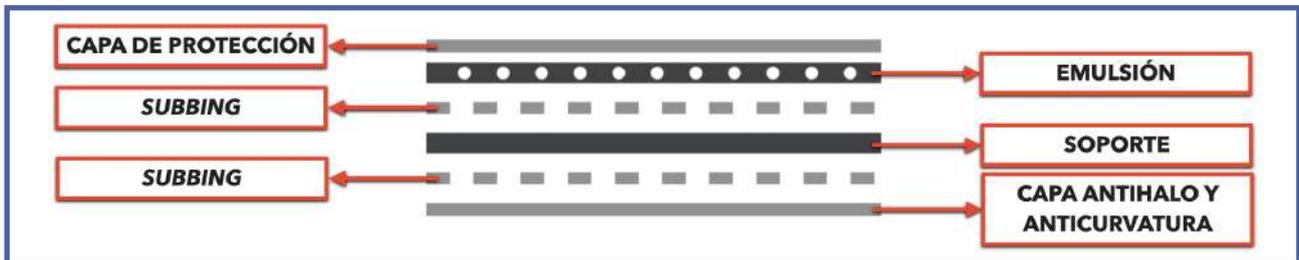


Fig. 01. Esquema de la estructura genérica de los negativos en soporte de plástico.

Los siguientes no se suelen encontrar presentes en los primeros negativos de nitrato de celulosa, y son una segunda capa de **subbing**, igual a la anterior, que sirve para adherir al soporte una **capa de gelatina anticurvatura** y contenedora de sustancias **antihalo**. Esta última capa cumple la función de ayudar a contrarrestar las tensiones desiguales de la emulsión al absorber y expulsar humedad en los diferentes procesos de obtención de la imagen, y a mejorar la calidad de la imagen impidiendo que la luz rebote en la parte posterior del soporte hacia la emulsión.

La gelatina fotográfica utilizada generalmente proviene de los huesos, cartílagos y piel de algunos bovinos, se la clasifica como una gelatina derivada. Por otro lado, la imagen de un negativo en blanco y negro, antes de su exposición, está formada por haluros de plata, los cuales son compuestos fotosensibles. Esto quiere decir que al exponerlos a la luz se reducen químicamente convirtiéndose en plata metálica, y esta pasa a ser la sustancia formadora de la imagen. En cambio, la imagen de un negativo a color está formada por tintes cromógenos que se forman durante el revelado de la imagen. Los haluros de plata expuestos, se convierten en partículas de plata filamentaria durante el revelado, y se eliminan en uno de los baños de revelado para dejar lugar solo a los tintes que formarán a la imagen final.

4.2. El uso del plástico como soporte fotográfico

Como se nombró anteriormente, la idea de encontrar un soporte idóneo para la fotografía, que fuese transparente, resistente, ligero y flexible, estuvo desde los inicios de su historia. Henry Fox Talbot logró conseguir la mayoría de estas características utilizando el papel como soporte del calotipo, tanto para el negativo como para el positivo. La desventaja del soporte de papel para los negativos recaía en que no era lo suficientemente transparente, a pesar de ser embadurnados en ceras y aceites para reducir la opacidad. La trama del papel se traspasaba igualmente al positivo, reduciendo la claridad y resolución de la imagen (Valverde, 1996). Más adelante, cuando se introduce el vidrio como soporte, el problema de la transparencia y nitidez se ve solucionado, aunque retrocede en cuestiones de flexibilidad y

ligereza. Todo esto se ve remediado con la apariencia del nitrato de celulosa, el cual reúne todas las características y promete ser el soporte fotográfico predilecto.

El **nitrato de celulosa** es el primer material sintético que se comercializa y se trata de un plástico de origen artificial o semi-sintético, es decir, que se obtiene a partir de polímeros de origen natural con modificaciones químicas que causan variaciones en sus propiedades. La aparición del nitrato de celulosa se debe a la necesidad de imitar objetos lujosos como los realizados en marfil, nácar o carey, ya que eran materiales muy caros y escasos. El empleo de estos plásticos supuso una producción industrial masiva, con múltiples usos y a costos mucho más bajos que otros materiales con apariencias similares.

El nitrato de celulosa se obtuvo de forma totalmente accidental, como la mayoría de los plásticos artificiales. El químico suizo Christian Schönbein, en el año 1845, descubre un nitrato de celulosa con un elevado grado de nitración que se inflamó espontáneamente, hoy conocido como algodón pólvora. En 1846, se obtiene un nitrato de celulosa con un grado menor de nitración y soluble en éteres y alcoholes, a partir de esta mezcla se obtiene el **colodión**, sustancia transparente elástica que, al evaporarse rápidamente los disolventes, da como resultado una película plástica. Ha tenido muchas aplicaciones, pero la que es de nuestro interés es como aglutinante de las sustancias formadoras de la imagen en las películas fotográficas, sustituyendo a la albúmina.

Sin embargo, el nitrato de celulosa como soporte fotográfico se debe a los esfuerzos de Alexander Parkes en 1856, cuando presenta dos patentes; siendo una de ellas sobre el método de obtención de películas de colodión de espesor suficiente para que pudieran utilizarse como soporte fotográfico y reemplazar al soporte de vidrio (Parkes, 1856). En 1862, este material fue exhibido en la Exposición Universal bajo el nombre de *parkesina*. En los años siguientes hubieron muchas investigaciones junto con nuevas propuestas y modificaciones de la parkesina, aunque John Wesley Hyatt fue el que ayudó a concretar la obtención del material que llegaría a ser soporte fotográfico plástico con su patente de 1869. En este año se obtiene lo que se conoce como *celuloide*, un producto similar a la parkesina. Hyatt consiguió dar con la proporción correcta de alcanfor, dando resultado, en lo que en la época se creía, a un plástico de alta calidad.

John Carbutt se convirtió en el primero en producir los soportes fotográficos sobre plástico, estos se obtenían cortando finas láminas de un gran bloque de celuloide, a las cuales se las emulsionaba posteriormente con gelatina. Su tamaño estaba limitado al tamaño del bloque, por lo que todavía era impensable el concepto de rollo fotográfico. A partir de 1888 y hasta 1951, la mayoría de las emulsiones fotosensibles eran sobre soporte de nitrato de celulosa. Se introdujo finalmente la película en rollo, y Thomas Edison inventó la cámara cinematográfica. Hasta entonces el nitrato parecía ser el soporte ideal, hasta que comenzó a causar inconvenientes relacionados con su alta inflamabilidad, inestabilidad química y mecanismo autodestructivo. El nitrato de celulosa se utilizó en la industria fotográfica de manera excepcional hasta la década de 1940 cuando empezó a ser reemplazado por el acetato de celulosa, material menos inflamable y más estable.

Durante los años 20 se obtuvo lo que sería la aproximación más importante al material deseado para sustituir al nitrato de celulosa, se trata de la mezcla de la esterificación de la celulosa con ácido acético, anhídrido acético y ácido sulfúrico, dando lugar al **triacetato de celulosa**. El triacetato era muy poco soluble en disolventes económicos, por lo que no tenía interés comercial en esos tiempos. Mediante una hidrólisis parcial del triacetato se obtenía el **diacetato**, el cual era más soluble en los disolventes más habituales y existentes en esa época, lo cual lo volvió más apto para la industrialización.

En 1930 se descubren el **propionato acetato** y el **butirato acetato**. Ambos son buenos soportes fotográficos pero se aplicaron en otros ámbitos, como soporte para rayos X y mapas aéreos, puesto que no cumplían con los principales requisitos para reemplazar al nitrato como soporte, siendo una de las razones que no era igual de flexible.

Finalmente, en 1948, se consigue aplicar como soporte fotográfico al **triacetato de celulosa**. Este cumple con los requerimientos técnicos y mecánicos necesarios para reemplazar exitosamente al nitrato. Se convirtió en el soporte fotográfico más frecuente a partir de 1951. Si bien se ha comprobado que con el tiempo se vuelve quebradizo, es muy propenso a la absorción de humedad y a la distorsión dimensional, es mucho menos inflamable que el nitrato, volviéndolo significativamente más seguro, por lo que incluso se comercializó bajo el nombre de *Safety Film*.

No obstante, el acetato se degradaba notablemente en tres o cuatro décadas a temperatura ambiente, o incluso en menos tiempo en caso de encontrarse en peores condiciones de almacenamiento. Son más resistentes y duraderos a temperaturas más bajas y en ambientes secos. En la práctica real, la mayoría de las fotografías no contaban con buenas condiciones de almacenamiento, por lo que es normal encontrar colecciones afectadas por el síndrome de vinagre.

Por último, uno de los avances más importantes, por su increíble estabilidad química y buen desempeño físico, siendo inherente e indudablemente más estable que el nitrato y acetato de celulosa, fue la aparición y uso del **poliéster** al ser un polímero completamente sintético. En sus inicios se utilizó para negativos que requerían de una gran estabilidad dimensional, como en las artes gráficas o en fotografías aéreas. Por las décadas de 1960 y 1970, fue gradualmente reemplazando al acetato como soporte fotográfico. La palabra poliéster es el término genérico para hablar de dos tipos de soporte: el PET (tereftalato de polietileno), y el PEN (naftalato de polietileno). El primero de ellos es extremadamente estable dimensionalmente y resistente a altas temperaturas, porque a diferencia del nitrato y acetato que se procesan a través de la mezcla con disolventes, el PET se funde a muy altas temperaturas.

Como todo material, también es susceptible al deterioro, aunque no al mismo ritmo acelerado y con la misma gravedad que los polímeros semi-sintéticos. De todas maneras, es recomendable almacenarlos en condiciones ambientales controladas y adaptadas para su preservación.

4.3. Identificación y cronología de los diferentes soportes fotográficos plásticos

4.3.1. Nitrato de celulosa

El **nitrato de celulosa** es un polímero natural modificado que se obtiene mediante la nitración de las cadenas de celulosa. Entre los materiales que se ven involucrados en su producción podemos nombrar a: fibras de celulosa (principalmente obtenidas del algodón), ácido nítrico, ácido sulfúrico, agua, alcohol y alcanfor. Evidentemente, la calidad de los productos utilizados en su producción van a determinar y afectar el nivel de calidad del producto final. Dicho esto, el alcanfor es uno de los materiales que más atribuye al problema de la alta inflamabilidad.

Los negativos en soporte de nitrato de celulosa son muy comunes y abundantes en la mayoría de los archivos. Se comenzaron a fabricar al final de la década de 1880 y hasta mediados de la década de 1920 se pueden decir que la gran mayoría de los soportes plásticos son de nitrato. A partir de la aparición del soporte de acetato, entre 1930 y 1950 comienza a aparecer la palabra 'Nitrate' impresa en los bordes de las películas para ayudar a su diferenciación. Si la película no contienen ni la palabra 'Nitrate' o 'Safety', se asume que se trata de un nitrato, ya que antes de la aparición del acetato no era necesario diferenciarlo de ningún otro soporte plástico.



Fig. 02. Arriba: Borde superior de un negativo en placa en soporte de nitrato de celulosa, se aprecian las muescas en forma de 'V' y la palabra 'Nitrate'. Abajo: Borde superior de un negativo en placa en soporte de acetato de celulosa, se aprecian las muescas en forma de 'U' y la palabra 'Safety'.

Asimismo, otra manera de identificarlos es a través de las degradaciones, como en el enrollamiento del soporte de plástico en tubos muy apretados. Esta tendencia a enrollarse es muy habitual, y solo sucede, en los soportes de nitrato de celulosa previos al 1903, año en el que se comenzó a aplicar la capa anticurvatura de gelatina en el soporte en el lado contrario al de la emulsión.

Otro método es a través de los códigos de muesca. Colocando el negativo con el lado de la emulsión hacia arriba, en el borde superior derecho se pueden apreciar muescas que servían para identificar el lado de la emulsión dentro de los cuartos oscuros, y ahora sirven para identificar que esas muescas se corresponden al soporte de nitrato. Kodak utilizó la muesca en forma de 'V' (la primera contando desde el borde) antes de 1949. Por otro lado, los negativos que venían en paquete no presentaban muescas.



Fig. 03. Esquema para la identificación de un negativo en soporte de plástico mediante los códigos de muescas e impresión de la palabra 'Nitrate' y 'Safety'. Arriba: Nitrato de celulosa. Abajo: Acetato de celulosa.

Por último, otro método es la aplicación de exámenes destructivos, los cuales deben ser llevados a cabo solo por profesionales y no se recomiendan a no ser que sea estrictamente necesario identificar el tipo de soporte. Hay tres de ellos que son los más empleados (Valverde, 2005: 22):

- **Difenilamina:** cuando la difenilamina se pone en contacto con un trozo de nitrato de celulosa, reacciona obteniendo un color azul muy intenso.
- **Flotación:** al colocar una pequeña muestra de nitrato de celulosa en un tubo de ensayo con tricloroetileno, el nitrato se hunde hasta el fondo del tubo.
- **Ignición:** el nitrato al prenderse fuego genera una llama amarilla brillante y se consume rápidamente.

4.3.2. Acetato de celulosa

El **acetato de celulosa** también es un polímero natural modificado, pero supone un nombre genérico para referirse los diferentes soportes de: **diacetato de celulosa**, **triacetato de celulosa**, **acetato propionato** y **acetato butirato**.

Los acetatos llegaron como reemplazo de las películas de nitrato de celulosa, por eso una manera segura de identificarlas es a través de la impresión de la palabra '*Safety*' en los bordes, incluso el símbolo "o" puede aparecer añadido entre las letras. Aunque, las películas de poliéster modernas también tienen impresa esta palabra en sus bordes, por lo que hay que ser precavidos para no caer en un error. Para ello, se deben llevar a cabo otros métodos de identificación.

Uno de ellos es a través de los códigos de muescas. Al igual que sucedía con los nitratos, se utilizaban para identificar el lado de la emulsión dentro del cuarto oscuro. Están ubicados en la esquina superior derecha, con la emulsión mirando hacia arriba. Aquellos producidos por Kodak entre 1925 y 1949 utilizaban la muesca en forma de 'U'.

Además, otra manera de identificarlos es a través de exámenes destructivos. El de la flotación e ignición utilizados para la identificación de nitratos de celulosa, también pueden utilizarse para

la identificación de los acetatos. La diferencia es que el acetato en la prueba de flotación va a permanecer cerca de la superficie, y al prenderse fuego va a quemarse lentamente sin producir ninguna llama.

4.3.3. Poliéster

El **poliéster** es un polímero que se obtiene por la reacción de un exilen glicol y el dimetil tereftalato. Es un material de gran resistencia física, no se puede romper con facilidad a no ser que se aplique mucha fuerza, mientras que los soportes de acetato de celulosa y nitrato de celulosa se rompen sin más complicaciones.

El poliéster no es propenso al deterioro químico, se usa en copias fotográficas de alta calidad y máxima permanencia. Es un material insoluble en la mayoría de los disolventes usados industrialmente, se fabrica a través de la técnica de fundición, por lo que es extremadamente resistente a las altas temperaturas.

La manera más sencilla de identificarlos es a través del contexto histórico y datación del soporte. En el caso de que no sea posible acceder a esa información, otro método no destructivo es la birrefringencia del poliéster a través de filtros polarizados cruzados. Cuando el poliéster se coloca entre las dos hojas polarizadas, y se observa a través de una luz transmitida, aparecen los colores del arcoíris en su superficie.

Sin embargo, se ha de prestar atención ya que algunos de estos soportes también contienen impresa la palabra 'Safety' en sus bordes, y no se tratan de soportes de acetato de celulosa. Es mejor asegurarse mediante la aplicación de más métodos de identificación.

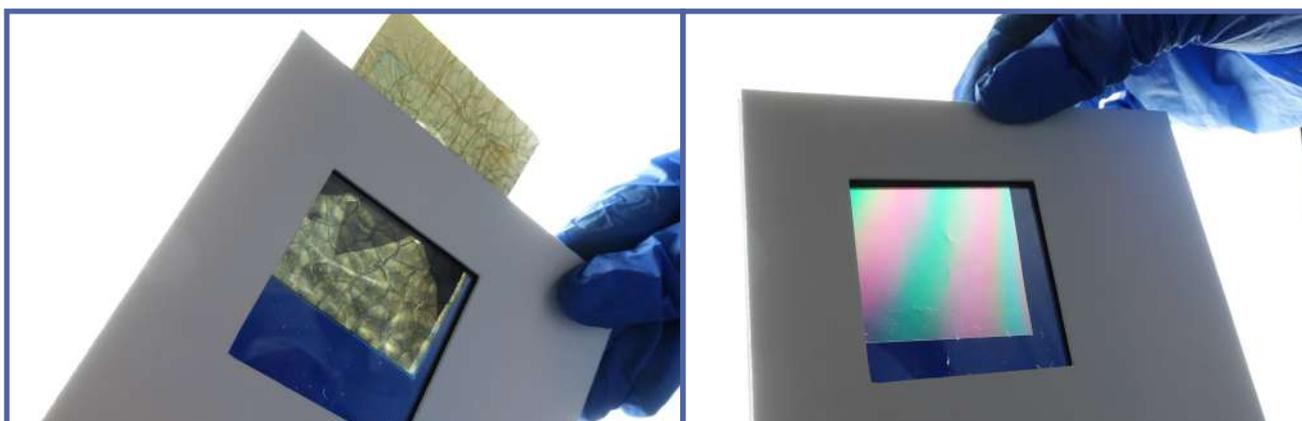


Fig. 04. Identificación de soporte de poliéster mediante el uso de filtros polarizados cruzados. Izquierda: negativo en soporte de acetato de celulosa, el soporte no causa ningún efecto de birrefringencia al visualizarlo sobre una mesa de luz. Derecha: trozo de poliéster, el soporte causa efecto de birrefringencia siendo claramente visibles los colores del arcoíris al visualizarlos sobre una mesa de luz.

Tabla 01. Cronología de la aparición y usos de los diferentes soportes fotográficos plásticos: Nitrato de celulosa, Acetato de celulosa y Poliéster.

| | | |
|----------------------------|------|--|
| NITRATO DE CELULOSA | 1887 | Placas de soporte de nitrato de celulosa en láminas obtenidas a partir de un bloque (John Carbutt). |
| | 1889 | Película en rollo de nitrato de celulosa. |
| | 1897 | Máquina para fabricar películas de nitrato de celulosa sobre un cilindro giratorio. |
| | 1903 | Capa anticurvatura. Prevenía las distorsiones y enrollamiento del soporte de nitrato. |
| | 1912 | Negativos en placas. |
| | 1951 | Fin del soporte de nitrato de celulosa. |
| ACETATO DE CELULOSA | 1909 | Soporte de diacetato de celulosa producido por primera vez. Reemplazó al nitrato entre 1925 y 1950. |
| | 1930 | Acetato propionato y acetato butirato, introducidos por Kodak. |
| | 1948 | Introducción del soporte de triacetato de celulosa. |
| POLIÉSTER | 1955 | Introducido en 1955. PET (tereftalato de polietileno). Reemplazó a las placas de triacetato de celulosa. |
| | 1990 | PEN (naftalato de polietileno). |

4.4. El deterioro de los plásticos como soportes fotográficos

Principalmente hay tres diferentes tipos de deterioro que afectan a las fotografías: el físico, el químico y el ataque de microorganismos. Todos ellos funcionan y reaccionan de manera diferente. La naturaleza del material, el estado de conservación, su uso y manipulación, junto con los parámetros ambientales en cuanto a la temperatura y la humedad relativa, suponen las principales causas que dan inicio a los procesos de deterioro.

En este apartado el principal foco va a ser el deterioro de los soportes plásticos, y cómo este deterioro afecta a las otras capas que conforman a la fotografía. De forma general, el nitrato de celulosa no va a degradarse más rápidamente que el acetato de celulosa si están almacenados bajo las mismas condiciones. El único soporte plástico que presenta más estabilidad y permanencia frente al resto es únicamente el poliéster.

4.4.1. Nitrato de celulosa

En primer lugar, el nitrato de celulosa, como bien se nombró anteriormente, es un soporte muy inestable químicamente, debido a la fragilidad del enlace químico entre las cadenas de celulosa y los grupos nitro que se forman durante el proceso de nitración durante la obtención del material. Si los grupos nitro permanecieran en su lugar todo iría bien, pero tienden a desengancharse de la cadena de celulosa, lo que provoca que el nitrato tenga un muy mal comportamiento al envejecer (Reilly, 1993). A esto se suma el nivel de calidad de los

productos utilizados para su producción, como pueden ser el tipo de celulosa, la calidad del plastificante, los tipos de solventes, y la técnica de fabricación, solo por nombrar algunos (Valverde, 1996).

Los factores ambientales juegan un papel extremadamente importante en la estabilidad del material. La luz, como la temperatura y humedad, afectan directamente el ritmo del proceso de deterioro. El nitrato de celulosa se deteriora como resultado de cuatro procesos de degradación: el térmico, el químico, el fotoquímico, y el físico (Reilly, 1991). El deterioro del soporte de nitrato de celulosa es totalmente autocatalítico e irreversible, y comienza a degradarse desde el momento que sale de fábrica. No obstante, el soporte de nitrato de celulosa no es un material susceptible al biodeterioro por ataques de insectos, bacterias u hongos.

Aunque las fotografías permanezcan en buenas condiciones de almacenamiento durante muchos años, puede que al mínimo cambio comiencen a sufrir deterioros significantes. Se deben de inspeccionar regularmente para identificar el estado de las fotografías y extraer y tratar aquellas que comienzan a degradarse visiblemente (Wilhelm, 1993). De igual manera, aquellas que estuviesen en avanzado estado de deterioro, deberían de separarse de otros materiales no contaminados para no dañarlos.

En diferentes escritos se han publicado diversos listados que enumeran las diferentes etapas de la degradación del soporte de nitrato de celulosa. Recopilando esta información (Valverde, 2005; Wilhem, 1993), he elaborado el siguiente listado:

1. Sin deterioro visible. La imagen es legible.
2. El soporte comienza a adquirir una tonalidad amarilla y la imagen comienza a deteriorarse, ya sea por desvanecimiento o por la aparición del espejo de plata. La imagen es legible.
3. El soporte empieza a llenarse de burbujas que se forman entre el plástico y la gelatina, llenas de los gases que libera el nitrato al deteriorarse. El soporte desprende un fuerte olor a ácido nítrico. La imagen es legible.
4. El soporte adquiere una tonalidad ámbar o marrón, la imagen comienza a desvanecerse. La imagen es parcialmente legible.
5. El soporte se ablanda y se vuelve pegajoso, se pega a otras fotografías o elementos que tenga en su proximidad. Aparece una espuma viscosa. La imagen no es legible.
6. El negativo se convierte parcial o íntegramente en un polvo marrón ácido muy oloroso. La imagen no es legible.

Los negativos que se encuentren entre la primera y tercera etapa pueden duplicarse exitosamente, incluso también en la cuarta. En la actualidad, existen muchos métodos que se aplican en estas etapas para poder rescatar a las imágenes, uno de ellos es el conocido como *Stripping*, el cual permite extraer la emulsión del soporte deteriorado y transferirlo a un nuevo

soporte estable. Es un proceso que requiere de mucho tiempo y recursos, y debe considerarse como última opción en todos los casos.

A partir de lo descrito en este apartado, se puede realizar un listado con los siguientes indicadores de alteración que afectan a todos los negativos con soporte de nitrato de celulosa:

- **Amarilleo:** por exposición a la luz, o por estar almacenados a altas temperaturas. En estas condiciones se forman los óxidos de nitrógeno y reaccionan con la humedad atmosférica formando los ácidos de nitrógeno, estas reacciones se pueden dar incluso en ausencia de luz.
- **Fragilidad y estado quebradizo:** incentivado por las malas condiciones de almacenamiento, y su inherente inestabilidad y mecanismo de deterioro autocatalítico. Se vuelve quebradizo por la pérdida del plastificante (alcanfor).
- **Inflamabilidad:** en condiciones de temperaturas elevadas, también dependiendo el estado de conservación del soporte y qué tan avanzado esté el deterioro, puede entrar en ignición y causar explosiones. Es un material muy sensible a la luz y temperatura. La combustión es muy rápida, pudiendo llegar a incendiarse en ausencia de oxígeno o bajo el agua de manera espontánea. El nitrato nuevo se quema a 130°C, pero cuando el soporte comienza a descomponerse, la temperatura de quema se reduce; pudiendo llegar a incendiarse por sí solo si se encuentra en un ambiente a 38°C por tiempo prolongado.
- **Desvanecimiento de la imagen de plata y espejo de plata:** si bien no es un deterioro inherente al soporte, si viene derivado del deterioro del mismo. Los gases que libera el nitrato al degradarse, reaccionan con el aire, creando ácido nítrico. Este ácido ataca directamente a la imagen de plata, oxidándola, manifestándose como desvanecimiento o espejo de plata, hasta el punto que ya no quede ninguna imagen legible. Generalmente, la plata se oxida por las condiciones ambientales, pero también pueden interferir otros factores derivados del proceso fotográfico, como los restos del fijador. Al estar sobre un soporte de nitrato de celulosa, las emulsiones fotográficas se deterioran más rápida y violentamente.
- **Olor:** al liberar ácido nítrico se genera un fuerte olor que indica que el soporte se está deteriorando, al igual de ser nocivo para el resto de las colecciones (incluso en pequeñas cantidades) y para el personal que trabaja con este tipo de soportes.
- **Reblandecimiento de la gelatina:** la gelatina está presente en la emulsión y en la capa anticurvatura. La degradación por hidrólisis promovida por la descomposición del propio soporte de nitrato de celulosa, provoca que durante las primeras etapas del deterioro, el desvanecimiento de la imagen y el reblandecimiento de la gelatina ocurran de forma simultánea (Valverde, 1996). Otro proceso de degradación menos habitual, no promovido por el soporte de nitrato, es el ataque de bacterias y hongos debido a su naturaleza proteica. Los hongos se manifiestan como una película aterciopelada de color blanco, gris o verde, lo cual hidroliza a la gelatina lentamente.

Finalmente, la creencia de que las fotografías en soporte de nitrato de celulosa no pueden conservarse a largo plazo es un pensamiento incorrecto y no cierto (Wilhem, 1993). Llevando a cabo buenas medidas de conservación y, estudiando sobre el tema, pueden conservarse por muchos años en buen estado.



Fig. 05. Amarilleo del soporte de nitrato de celulosa.

4.4.2. Acetato de celulosa

El acetato de celulosa tiene la misma susceptibilidad al deterioro que el nitrato de celulosa. Comparten la inestabilidad química y el mal comportamiento frente al deterioro debido a la fragilidad del enlace químico entre las cadenas de celulosa y los grupos acetil. Estos últimos tienden a desprenderse, tal como sucedía con los grupos nitro en el nitrato de celulosa. Es decir, que ambos tienden a modificarse y volver a su forma inicial original.

Los factores ambientales son igual de importantes que para el nitrato. Las condiciones de almacenamiento que son malas para el nitrato, también lo son para el acetato, y viceversa. Sin embargo, los procesos de deterioro son muy diferentes. El acetato de celulosa comienza a liberar ácido acético cuando entra en hidrólisis por reaccionar con la humedad atmosférica, catalizando reacciones de degradación. La humedad presente en el ambiente determina cuánta agua van a poder absorber los negativos, sin importar las condiciones de temperatura. Mientras más alta la humedad relativa, más rápida la degradación. El acetato de celulosa, al igual que el nitrato, también tiene un mecanismo de degradación autocatalítico e irreversible, el único método efectivo para evitar o frenar el deterioro es la preservación.

En los archivos, los soportes de acetato de celulosa son muy habituales, y se pueden encontrar en ambos estados, deteriorados o no. Se debería de evitar el contacto de los soportes deteriorados de los que no lo están, ya que los deteriorados liberan ácido acético, el cual es un contaminante para todos los soportes de la misma naturaleza, estén o no deteriorados, y al ser absorbido, el deterioro se ve significativamente acelerado. La generación de ácido acético se identifica como el primer y más sensible indicador de deterioro en un soporte de acetato de celulosa. La acidez aumenta proporcionalmente el avance del deterioro químico (Bigourdan y Reilly, 2002: 2). Asimismo, una vez que comienza el deterioro, va a ir avanzando a ritmo aún más

acelerado, en especial, una vez sobrepasado el punto autocatalítico del síndrome del vinagre, por lo que el negativo puede dar la apariencia de estar en buen estado pero en poco tiempo puede volverse inútil y perderse por completo.

El síndrome de vinagre es una forma de deterioro que solo afecta al acetato de celulosa, y todos los soportes de este material son susceptibles a él. Las condiciones de almacenamiento son las que determinan el ritmo con el que va a propagarse y avanzar. Para poder conocer la magnitud del avance, existe una herramienta específica para medir semicuantitativamente el deterioro llamada *AD Strips*², aunque es imposible determinar en cuánto tiempo el negativo se va a volver completamente inútil.



Fig. 06. Espejo de plata.

El ácido acético no es un ácido fuerte ni oxidante, es por esto que la imagen de plata no se desvanece como si sucede con los negativos en soporte de nitrato. En casos extremos, el síndrome de vinagre hace que la gelatina se ablande, pero en general, las emulsiones en soporte de acetato degradados permanecen en mejores condiciones que las que están sobre nitratos degradados.

Entonces, las etapas del deterioro a causa del síndrome de vinagre en soportes de acetato de celulosa son:

1. Sin deterioro. La imagen es legible.
2. El soporte libera ácido acético, y por ende, olor a vinagre, comienza a encogerse y se vuelve quebradizo. La imagen es legible.
3. El soporte comienza a perder la forma plana, puede mostrar manchas azules o rosas. La imagen es legible.
4. El soporte se deforma, se regeneran los tintes de la capa antihalo (el rosa se corresponde a negativos en blanco y negro de Kodak, y el azul, de Agfa y Ansco). La imagen es legible.
5. Aparecen burbujas llenas de líquido y depósitos cristalinos entre el soporte y las capas de gelatina, esto se debe a la liberación del plastificante. La imagen es parcialmente legible.
6. Se forman canales en ambos lados del negativo, el soporte de plástico se encoge y la adhesión entre el acetato y las capas de gelatina cede, formando los canales. La imagen es parcialmente legible.

² Los AD Strips miden la cantidad de ácido presente en el soporte. El número 0.5 significa que el soporte está libre de ácido, pero comienza a tener como único síntoma de degradación el olor a vinagre, a partir de aquí el deterioro va a avanzar de manera más rápida. En las etapas más avanzadas del deterioro, puede llegar a niveles de 5.0 hasta 10.0 e incluso más (Image Permanence Institute, 2016).



Fig. 07. Reblandecimiento de la gelatina.

Pueden realizarse copias exitosas cuando el negativo se encuentra en las etapas iniciales del deterioro. Las copias de los negativos degradados salen oscuras y es imposible obtener copias limpias (Bigelow, 2004).

Los indicadores de deterioro, en relación con el síndrome de vinagre, más habituales y reconocibles, son los siguientes:

- **Olor a vinagre:** es el síntoma más obvio y reconocible, pero no es el único. Sucede cuando el soporte libera ácido acético. Sirve para indicar que el deterioro está avanzando.
- **Fragilidad:** los ácidos, los álcalis y los oxidantes del aire hacen que el soporte pierda fuerza y se vuelva blando. Al aplicar un mínimo de presión, se quiebra fácilmente. Sin embargo, esto sucede en las etapas más avanzadas del deterioro y casi nunca es notorio.
- **Encogimiento:** el plastificante migra a la superficie y se evapora, haciendo que el soporte pierda volumen y se contraiga, pudiendo causar tensiones y agrietamientos (San Andrés Moya y García Fernández-Villa, 2002).
- **Burbujas y cristales:** en la emulsión pueden aparecer depósitos cristalinos o burbujas llenas de líquido, esto se debe a la migración del plastificante hacia la superficie. Esto suele suceder en las etapas más avanzadas del deterioro.
- **Canales:** son la consecuencia del encogimiento del soporte. La gelatina de la emulsión y la de la capa anticurvatura siguen manteniendo su dimensión original porque no están atravesando un proceso de deterioro. Es por esto que ceden y se desprenden del soporte en algunas partes, creando lo que se conoce como canales (Nishimura, 2015).
- **Manchas de color rosa y azul:** aparecen gracias a la regeneración de los tintes de la capa antihalo adherida al soporte del lado contrario al de la emulsión. En un negativo nuevo, las capas antihalo son transparentes, pero el ácido acético hace que los tintes se regeneren y tomen color azul o rosa.
- **Reblandecimiento de gelatina:** sucede en las etapas más avanzadas del deterioro, por la liberación de ácido acético del soporte y las malas condiciones ambientales. Como la gelatina no se deteriora junto al soporte de acetato de celulosa, es posible salvarla a través del *Stripping*, al igual que como sucedía con el soporte de nitrato de celulosa. Un deterioro no tan habitual es la aparición de hongos sobre la gelatina, en especial cuando están en condiciones de alta humedad por tiempo prolongado. De lo contrario, cuando la gelatina se encuentra sometida a humedades muy bajas se vuelve quebradiza.

- **Desvanecimiento de la imagen:** los contaminantes que libera el soporte al deteriorarse hace que la imagen se desvanezca progresivamente.

Por último, los negativos a color se degradan de la misma manera que los negativos con imágenes en blanco y negro. La única diferencia es el desvanecimiento de las tintas cromógenas, el cual se desarrollará en el siguiente apartado.



Fig. 08. Fragilidad del soporte.



Fig. 09. Manchas de color azul por la regeneración de los tintes de la capa antihalo.



Fig. 10. Canales por el encogimiento del soporte y burbujas por la migración de los plastificantes.

4.4.3. Poliéster

Los soportes de poliéster son inherentemente más químicamente estables y resistentes durante mucho tiempo, incluso en condiciones ambientales normales. Son polímeros que no contienen solventes o plastificantes, lo cual hace que el deterioro y envejecimiento sea mucho más paulatino. La hidrólisis de la cadena de polímeros se produce muy lentamente, siendo casi indetectable. El proceso de deterioro del poliéster no es autocatalítico, y los productos que libera durante su descomposición son inocuos.

A todo esto, se suma el hecho de que los negativos en soporte de poliéster, al igual que algunos en soporte de acetato de celulosa, fueron utilizados para negativos de imágenes a color. Los negativos a color tienen dos problemas inherentes, la inestabilidad del soporte de plástico (aunque no es exactamente el caso de los que tienen base de poliéster) y el desvanecimiento de las tintas. El desvanecimiento de las imágenes a color se ve afectado por el deterioro de los tintes cromógenos. Estos se desvanecen incluso en condiciones de oscuridad; el mantenimiento de condiciones ambientales con bajas temperaturas es la única manera de asegurar que los colores no se desvanezcan (Bigelow, 2004).

Uno de los tres tintes de la imagen, generalmente el magenta, es mucho más estable que el resto. Esta diferencia de estabilidad de los tintes, hace que la imagen vire hacia una tonalidad en concreto. Es habitual ver a los negativos de un tono anaranjado, esto se debe a la resistencia del tinte magenta en su modo inverso. Es posible realizar copias incluso cuando un negativo ha sufrido un 10% de desvanecimiento de los tintes, la pérdida de densidad no significa que sea el final de la vida útil de un negativo a color (Wilhelm, 1993).

5. CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE LOS NEGATIVOS EN SOPORTE DE PLÁSTICO

5.1. Condiciones ambientales idóneas para su conservación

Como se ha nombrado varias veces anteriormente, los negativos en soporte de plástico, en especial aquellos en soporte de nitrato de celulosa y acetato de celulosa, son inestables químicamente y su degradación autocatalítica hace que una vez iniciado el deterioro no se pueda revertir el proceso y recuperar el original. La única opción viable es la de crear un entorno en donde almacenar a estos negativos con unas condiciones climáticas controladas que beneficien y aseguren su preservación a largo plazo. Entonces, el objetivo de las condiciones de almacenamiento es prevenir a los negativos de alcanzar ese punto catalítico, de ser posible. Pero en aquellos que ya lo han alcanzado, el objetivo es modificar y adaptar estas condiciones para frenar el deterioro y evitar que avance hasta dejar sin negativo que utilizar.

Si bien las condiciones ambientales de almacenamiento para una buena conservación preventiva para los negativos de plásticos son iguales para todos ellos, es conveniente discernir los soportes por nitrato, acetato de celulosa y poliéster. De esta manera, el control periódico y la identificación del avance del deterioro es más fácil de llevar a cabo que cuando se tienen todos los soportes mezclados. De igual manera, es conveniente separar a aquellos negativos ya deteriorados de los que no han iniciado su proceso de degradación. Esto se debe a que los ácidos que liberan los soportes degradados son absorbidos rápidamente por los sanos haciendo que el ritmo de deterioro avance más rápidamente. Es evidente que esto no es siempre posible, pero es importante recalcar su relevancia en relación a su conservación (Reilly, 1996: 10).

Las condiciones del almacenamiento deben reflejar como se va a acceder y a usar la colección. Un buen almacenamiento representa una gran inversión de recursos materiales, económicos y de personal, pero es vital para asegurar su preservación (Reilly, 1996: 11). De igual manera, el almacenamiento de los negativos necesita ser monitoreado y mantenido constantemente por un equipo profesional conocedor de la materia.

Es habitual ver en instituciones como archivos y museos, que los fondos fotográficos muchas veces están almacenados a temperatura ambiente, o en el mejor de los casos dentro de depósitos con climatización controlada, pero no con los parámetros idóneos para la conservación preventiva de los negativos sobre soporte de plástico. La única manera de frenar el avance del deterioro de los negativos de plástico, y conservar el objeto completo, es almacenarlos en temperaturas bajo cero, acompañadas de una humedad relativa también baja, siendo las mejores condiciones a -15°C y entre 30 y 40% de humedad relativa (Valverde, 2005: 22).

Al utilizar una baja humedad relativa y bajas temperaturas, la estabilidad química aumenta. La temperatura baja en el almacenamiento es esencial debido a que la mayoría de los materiales fotográficos no poseen la inherente estabilidad química para sobrevivir a una temperatura ambiente (entre 20 y 25°C). Al bajar la temperatura, la humedad relativa del entorno debe de

reducirse también, de esta manera se acompañan y evitan que se generen problemas de condensación de agua, lo cual sería totalmente contraproducente, en el caso de que sucediese, al estar hablando de la conservación de negativos fotográficos.

Lo ideal sería adquirir un congelador que cumpliera con los requisitos técnicos y mecánicos para poder mantener una temperatura estable alrededor de -15°C y una humedad relativa estable de aproximadamente 30%. Si bien esto es técnicamente posible, es extremadamente costoso de construir y mantener, en especial para instituciones con medianos y bajos recursos. Por ende, lo que aquí se propone y se incentiva es el uso de congeladores domésticos convencionales para el almacenamiento de negativos fotográficos plásticos utilizando temperaturas bajo cero y una humedad relativa estable. Esto permite mantener una temperatura bajo cero y una humedad relativa estable, no necesariamente baja, para la conservación de negativos. Esto se subsana mediante la creación de microclimas con una humedad relativa acorde a las necesidades de preservación de los negativos utilizando paquetes especiales que los protegen y aíslan de la humedad relativa alta del interior del congelador, mientras los paquetes mantienen su propia humedad relativa acondicionada previamente.

Macroclima versus Microclima

Por un lado, el macroclima implica condiciones ambientales que afectan a toda el área de almacenamiento y al control del avance del deterioro químico. La relación establecida entre la humedad relativa y la temperatura van a ser las responsables de la vida útil de los negativos. Un control adecuado de estos componentes mejora significativamente la estabilidad química de los soportes (Bigourdan y Reilly, 2002: 3).

Por otro lado, el microclima implica la creación de espacios cerrados y delimitados para otorgar a los negativos una protección física y química mediante unas condiciones climáticas herméticas en relación al macroclima en el que están (Bigourdan y Reilly, 2002: 4).

Ya sea mediante el control del macroclima del área de almacenamiento o la creación de un microclima en paquetes cerrados, se van a generar condiciones que beneficien a la conservación preventiva. Si bien los microclimas tienen un costo alto en materiales y proceso de elaboración, los macroclimas tienen un equipamiento y costos de operación aún mayores (Bigourdan y Reilly, 2002: 7). Los beneficios del macroclima superan a los del microclima, puesto que las bajas temperaturas en el almacenamiento exceden las de los microclimas o baja humedad relativa en los macroclimas (Bigourdan y Reilly, 2002: 8). No obstante, el uso de microclimas es más práctico para las pequeñas colecciones o pequeñas partes de grandes colecciones. Además, el uso de microclimas es recomendado cuando no es posible prevenir los altos niveles de humedad en el área de almacenamiento (Nishimura, 2015: 241), siendo este el caso concreto de los congeladores domésticos.

Sin embargo, los microclimas generados por paquetes especiales para el almacenamiento de negativos de plástico deben estar siempre en condiciones de temperaturas bajo cero para que

sean eficientes. En el caso de que el paquete cerrado herméticamente con los negativos dentro, se deje en un espacio a temperatura ambiente, el paquete comienza a restablecer su equilibrio con la temperatura del exterior haciendo que aumente la temperatura interior y causando un entorno extremadamente dañino para las colecciones empaquetadas. Por ende, cuando los paquetes se retiran de su almacenamiento en frío y se dejan a temperatura ambiente, el ritmo del envejecimiento y deterioro se readapta a las nuevas condiciones ambientales. Es esencial recalcar que una vez que se crea el paquete con su microclima interior, se debe depositar en el almacenamiento con temperaturas bajo cero inmediatamente. Lo mismo sucede para cuando sea necesario retirar el paquete de su almacenamiento en frío, se debe dejar entrar en equilibrio con su nuevo entorno y luego abrir el paquete. Los contenedores cerrados para los negativos sobre plástico deteriorados tienen un efecto dañino y acelerador en su proceso de deterioro (Bigourdan y Reilly, 2002: 6). Cuando los negativos vuelvan a estar a temperatura ambiente necesitan estar en contenedores abiertos, porosos y permeables que permitan una buena ventilación (Nishimura 2015), hasta que se los vuelva a colocar dentro de su paquete apto para el congelamiento y vuelvan a su almacenamiento con temperaturas bajo cero.

Humedad relativa y Temperatura

La humedad relativa es la cantidad de agua disponible en un volumen determinado. El agua es necesaria para inducir los deterioros de los soportes de plástico. Eliminar toda el agua del ambiente, es decir, establecer una humedad relativa muy baja, o incluso nula, no es algo deseable, ya que volvería a los materiales fotográficos demasiado frágiles. En cambio, un alto contenido de agua en el ambiente fomentaría el avance del deterioro y de los procesos autocatalíticos.

La temperatura³, en cambio, es la energía del calor, e influye en la velocidad de actuaciones de las diversas reacciones químicas. Es debido a esto que el almacenamiento en frío es la única opción que extiende la vida útil de los negativos fotográficos en soporte de plástico. En especial, cuando son temperaturas igual o inferiores a -6°C (Valverde, 2019). En el caso del nitrato de celulosa, dura 50 veces más cuando se almacena a -4°C , y al menos, 200 veces más cuando se almacena a -18°C , en relación a cuando se mantienen a temperaturas por encima de 0°C , por más bajas que sean (Wilhelm, 1993: 680).

La humedad relativa baja en el congelador solo tiene relevancia en la parte externa del paquete que contiene a los negativos. La humedad relativa del interior del paquete puede ser diferente a la exterior. Se debe evitar que se formen gradientes de temperatura alrededor del paquete, ya que la parte externa del paquete se calentaría -o enfriaría- más rápido que el interior, haciendo que la humedad relativa del interior del paquete oscile bruscamente. En el peor de los casos, puede condensarse el interior del paquete. Este inconveniente se elimina al reducir el gradiente de temperatura, es decir, creando una barrera termal con materiales de relleno e ir subiendo -o bajando- la temperatura del entorno del paquete paulatinamente, dejando que el paquete se

³ Se considera temperatura ambiente a aquellas superiores a 20°C , temperatura fresca a aquellas comprendidas entre 5°C y 19°C , y temperatura fría a aquellas inferiores a 4°C .

equilibre poco a poco. También influye el grosor del paquete, mientras más fino, mejor es su adaptación y menor el riesgo de sufrir condensación, al mismo tiempo que reduce la superficie por la cual puede penetrar la humedad (McCormick-Goodhart, 2003: 2).

No obstante, no es una preocupación que puedan sufrir un shock térmico por los cambios bruscos de temperatura, al ser introducidos -o retirados- del congelador desde -o hacia- un ambiente con temperaturas ambientales superiores a 25°C. El problema recae en que los cambios bruscos de temperatura causan condensación en el interior del paquete aumentando la humedad relativa (McCormick-Goodhart, 1996:15). Otra cuestión a tener en cuenta, es que a temperatura ambiente, los paquetes cerrados aceleran los procesos de degradación.

Dentro de los paquetes, se colocan materiales que actúan como amortiguadores y absorbentes de humedad en el caso de que el paquete falle. Estos materiales amortiguadores no deben de estar en contacto directo con los negativos, ya que podrían desecarlos reduciendo la humedad relativa del microclima en relación directa con los materiales fotográficos (McCormick-Goodhart, 2003: 8).

La humedad relativa de dentro del congelador no influye directamente en los negativos. Sin embargo, mantenerla estable entre un rango entre 20% y 50% es lo aceptable. Con temperaturas bajas, la difusión del vapor de agua es más lenta, por lo que el equilibrio entre el interior del paquete y el exterior, demora aún más en conseguirse (Image Permanence Institute, 2016). Por otro lado, los negativos fotográficos de dentro del paquete no necesitan de ser previamente acondicionados con una humedad relativa concreta, aunque siempre debe buscarse de que sea igual o, preferentemente, inferior a 40% en el momento de cerrar los paquetes (McCormick-Goodhart, 2003: 5).

Tanto la humedad relativa y temperatura del congelador deben ser controladas periódicamente con dataloggers, y los paquetes deben someterse a controles periódicos para corroborar que no hayan sufrido cambios en los microclimas internos.

5.2. La congelación como sistema de conservación de los negativos en soporte de plástico

5.2.1. Ventajas y desventajas

A continuación se presentarán dos listados con las ventajas y desventajas del empleo de las temperaturas bajo cero como método de almacenamiento para los negativos fotográficos sobre plástico.

Ventajas:

- Llevar a cabo un proyecto de almacenamiento en frío es mucho más práctico, efectivo y barato que llevar a cabo un programa de duplicación o restauración.
- Al congelar los negativos se conserva el objeto fotográfico original, junto con la información que contiene la imagen.

- Está confirmado que las temperaturas bajo cero alargan la vida útil y preserva a los negativos sobre plástico (Wilhem y Brower, 1993: 655).
- Está pensado para colecciones pequeñas, o para volúmenes pequeños de grandes colecciones.
- Es un método de bajo costo, ideado para que las pequeñas y medianas instituciones puedan implementarlo en sus colecciones.
- Los materiales a utilizar para armar los paquetes de almacenamiento son fáciles de obtener y con costos justificados y accesibles en el corto y largo plazo.
- Muchos de los materiales son reutilizables.
- El proceso de empaquetado es sencillo y se puede realizar en masa.
- No requiere de depósitos grandes climatizados, solo necesita de un congelador doméstico convencional.
- Los negativos fotográficos no requieren de ser acondicionados previamente al empaquetado.
- No requiere de la realización de cálculos de parámetros de humedad en relación a cada paquete, o de cálculos de peso o equilibrio entre el interior y exterior del paquete (McCormick-Goodhart, 2003: 8).
- El paquete se adapta a cualquier formato, tamaño y volumen.
- Los materiales utilizados permiten un fácil control y monitoreo sin la necesidad de abrir el paquete.

Desventajas:

- El congelador doméstico consume energía y requiere de un mantenimiento adecuado.
- Una falla técnica del congelador puede causar daños irreparables.
- No es viable almacenar fotos sin un paquete que las proteja.

5.2.2. Necesidades, recursos y materiales

Recursos y necesidades

Al querer implementar el método de congelamiento de negativos fotográficos en soporte de plástico para su conservación a largo plazo, es preciso ser consciente de que hay algunas necesidades que requieren de ser cubiertas. En primer lugar, se debe de contar con personal profesional y cualificado para poder planear, coordinar y llevar a cabo las tareas para poder concretar el proyecto, al igual de que se debe contar con espacios adecuados para trabajar y para colocar el congelador. Este último no requiere de climatización, pero es preciso que tenga conexiones eléctricas para poder conectarlo a una fuente de energía. Debería de ser un espacio amplio que permita la correcta manipulación, control y monitoreo del congelador, puesto que al ser un electrodoméstico tiene que ser mantenido constantemente.

Por otro lado, en lo que concierne al interior del congelador, aunque resulte lógico, únicamente deben de almacenarse los materiales fotográficos. Cualquier otro producto u objeto, en especial alimentos, deben de desecharse inmediatamente (Wilhem y Brower, 1993: 669). El congelador, el cual puede ser uno doméstico convencional, debe de ser lo suficientemente grande para poder almacenar cómodamente el volumen de la colección, además de que necesita tener espacio de sobra para que exista un flujo de ventilación interior. Asimismo, una vez que los paquetes hayan sido armados y sellados, serán todos iguales en apariencia, por lo que es preciso tenerlos adecuadamente etiquetados y catalogados de manera visible para saber cual es su contenido, puesto que una vez sellados es conveniente no abrirlos.

De igual manera, tal como el congelador debe de ser mantenido, las colecciones almacenadas dentro del congelador deben de ser monitoreadas, en especial mantener un control periódico para corroborar que los paquetes no hayan sufrido daños y haya penetrado humedad, rompiendo con el microclima del interior del paquete.



Fig. 11. Ejemplo del archivo personal de McCormick-Goodhart en el cual emplea el método CMI para almacenar sus colecciones fotográficas en temperaturas bajo cero en un congelador doméstico convencional.

Simultáneamente, se deben de contar con otras herramientas que ayudan y facilitan el desarrollo del método de congelamiento de los negativos. Uno muy importante, es la implementación de un datalogger, instalado en el interior del congelador. De esta manera se puede mantener un seguimiento de las condiciones de temperatura y humedad relativa del interior del congelador, sin necesidad de abrirlo, y evaluar y aplicar las medidas pertinentes en el caso de que se detecten oscilaciones o parámetros preocupantes.

Los *AD Strips* son otras de las herramientas que ayudan a medir el nivel de acidez, únicamente de los acetatos de celulosa. Es una herramienta cuantificativa y orientativa, ideal para realizar diagnósticos. En la práctica, son tiras de papel de un color azul que se deben de poner en contacto directo con el material a evaluar, dentro de un entorno cerrado. Después del tiempo de exposición, el cual varía dependiendo de las condiciones ambientales, el color del papel cambia, reflejando el contenido de ácido y, por ende, el estado de conservación. Los colores representan cuatro niveles, siendo el más bajo el 0 indicando que no hay deterioro, y el más alto el 3 indicando que el estado es crítico y el nivel de acidez es igual o superior a 2 (Bigourdan, 2002: 14; Image Permanence Institute, 2016).

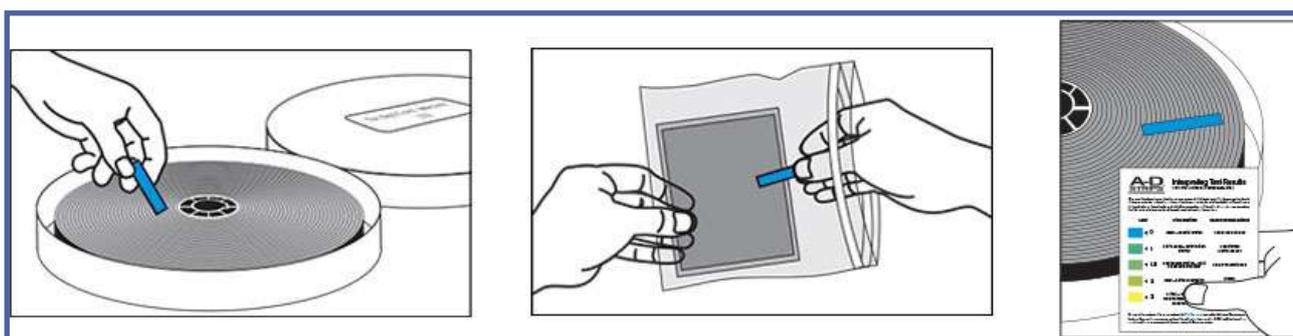


Fig. 12. Ilustración del uso, empleo y comparación de los resultados de los *AD Strips*.

Otras herramientas útiles son, por un lado, un horno o microondas, y por el otro, contar con equipos de protección individual -EPIs-. Los primeros sirven para el acondicionamiento previo de alguno de los materiales a utilizar en la preparación de los paquetes que necesitan de ser desecados por completo. Mientras que los segundos, deben de considerarse esenciales y estar siempre presentes en el entorno de trabajo de un conservador-restaurador, sobre todo cuando se trabaja con material deteriorado por periodos de tiempo prolongado. No solo ayudan a mantener la seguridad del personal, sino también la de los objetos con los que se trabaja.

Materiales

Los materiales a utilizar en la construcción y preparado de los paquetes son de fácil adquisición, tanto en tiendas destinadas a productos de conservación, de bellas artes, o incluso de construcción. Sin embargo, es circunstancial que todos los materiales que se utilicen hayan pasado la norma *ISO 18916:2007 Imaging materials - Processed imaging materials - Photographic activity test for enclosure materials* (ISO, 2007). Esta norma, comúnmente referida como *PAT* (por las siglas en inglés de *Photographic Activity Test*) es aplicable a los materiales de conservación utilizados para el patrimonio fotográfico en general, como pueden ser papeles, cartones, plásticos, adhesivos, tintas, etiquetas, cintas, entre otros. El *PAT* evalúa las posibles interacciones químicas que pueden llegar a suceder entre los materiales fotográficos y los materiales utilizados para conservación después de un contacto directo prolongado. Todos los materiales deben pasar el *PAT* para ser considerados seguros para las fotografías.

A continuación se expone la lista de los materiales básicos necesarios para poder armar los paquetes aptos para el almacenamiento de negativos fotográficos en soporte de plástico en temperaturas bajo cero:

- **Papel barrera de conservación:** Para la fabricación de sobres individuales o hojas que se intercalen entre los negativos que se coloquen dentro de la primera bolsa. El papel no protege en contra de la contaminación de los ácidos liberados durante los procesos de deterioro, pero los protege de no adherirse entre ellos, del polvo y el daño físico por manipulación.
- **Bolsa de polietileno:** Para colocar a los negativos y aislarlos de los materiales amortiguadores de humedad y para envolver el paquete final, se utilizan dos por paquete. El polietileno no es un material que otorgue una barrera completa al vapor de agua, el vapor va a entrar y salir de la bolsa muy lentamente a temperatura ambiente, y aún más lento a temperaturas bajo cero. El sellado de las bolsas, si son del tipo *Ziploc*[®], deben de ser resistentes y debe de corroborarse su correcto funcionamiento; el microclima interior se vería arruinado si este sellado falla. Las bolsas están disponibles en el mercado en una gran variedad de tamaños, el tamaño de la bolsa es el que se debe adaptar al tamaño de los negativos y cajas, y no de la manera contraria. Existe otra variante a la bolsa de polietileno y es la de comprar una bobina de polietileno para recortarlo a medida y sellarlos con una cinta adhesiva de polietileno apta para su uso en bajas temperaturas (como la 3M[™] 483). Una acción adicional, en la que se verían beneficiados los negativos en cuanto a su conservación, es la de extraer el exceso de aire de dentro de la primera bolsa antes de sellarlo, ya que de esta manera no hay casi riesgo de que se genere condensación dentro del paquete al retirarlos del congelador (Wilhem y Brower, 1993: 666).
- **Cartón de enmarcar (*Mat Board*):** Para colocarlo dentro de la caja de conservación como material amortiguador de humedad. Es preferible que sean de color blanco y gruesos. Se pueden cortar a medida del tamaño que se desee, se recomienda que sea un tamaño estandarizado para poder utilizarlos para cualquiera de los paquetes y facilitar su reutilización. Los bordes deben de redondearse y lijarse para que los cartones no agujereen las bolsas. Requieren de acondicionamiento previo, deben de estar desecados.
- **Caja de cartón de conservación:** Para almacenar la bolsa con los negativos y los cartones amortiguadores de humedad. Es un sistema de protección frente a la manipulación, estandariza los formatos y tamaños, lo cual facilita el orden dentro del congelador. La caja en sí no es una barrera amortiguadora de humedad (Bigelow, 2004: 8). Pueden obtenerse ya armadas de un fabricante, o armarlas a medida.
- **Indicadores de humedad de cloruro de cobalto:** Para controlar el nivel de humedad relativa en el interior de los paquetes. No son tóxicos, pero no se deben de colocar en contacto directo con los negativos. Deben de colocarse en un lugar visible a través de la bolsa de polietileno, pueden adherirse a la caja para evitar que se muevan dentro del paquete.

- **Gel de sílice:** Para desecar los cartones y papeles que van a servir de materiales amortiguadores de humedad, sin la necesidad de utilizar horno o microondas. No deben estar en contacto con los negativos fotográficos bajo ninguna circunstancia, los secarían por completo (Nishimura, 2015: 240).

Se ha nombrado en los párrafos anteriores que hay ciertos materiales, los amortiguadores de humedad, que requieren de ser desecados previamente al armado de los paquetes. Los materiales amortiguadores, también conocidos como *buffer*, son un material o sustancia que se usan para minimizar los cambios en la humedad relativa de un volumen o ambiente dado, el cual, de otra manera, sería muy susceptible a los cambios climáticos que sucedan en su entorno (Lafontaine, 1984: 2). La ventaja del empleo de los materiales amortiguadores es que es mucho más práctico que acondicionar a los negativos previo al armado de los paquetes. Los materiales amortiguadores pueden desecarse en masa, volver a desecarlos las veces que sean necesarias y volver a utilizarlos para el mismo u otro paquete. Los métodos más habituales que se usan para su desecación son mediante el empleo de gel de sílice, o bien, con un horno doméstico o microondas.



Fig. 13. Materiales. De izquierda a derecha, de arriba hacia abajo: caja de conservación a medida; sobres individuales de papel barrera; negativos en soporte de plástico; indicadores de humedad de cloruro de cobalto; gel de sílice; papel de relleno desecado; bolsas de polietileno con cierre Ziploc®; lija; cartón de enmarcar desecado.

En este caso en concreto, los materiales amortiguadores serían únicamente los cartones de enmarcar, por lo cual deben de acondicionarse previamente. Si bien no son materiales amortiguadores *per se*, también se acondicionan los papeles y/o cartones que se usen para rellenar el espacio libre que quede dentro de los paquetes cuando los negativos no ocupen todo el espacio disponible. Para desecar estos materiales existen, principalmente, tres variantes que se pueden utilizar para el cartón, y solo una para el papel.

La primera de ellas consiste en utilizar un horno convencional. Luego de haber cortado y lijado los cantos de los cartones, estos se deben de colocar dentro del horno de manera que quede la mayor parte de superficie expuesta. Esto favorece a que el material libere humedad homogéneamente y no se deforme en el proceso. El horno debe de precalentarse a 195-200°C, colocar los cartones dentro por un periodo de tiempo entre 3 y 5 minutos. Al sacarlos del horno, dejar enfriar por completo sin cubrirlos, ya que es posible que durante el proceso de secado sigan liberando humedad. Una vez listos, pueden utilizarse inmediatamente en los paquetes, o bien almacenarlos herméticamente hasta que se los necesite, junto con una carta indicadora de humedad de cloruro de cobalto para corroborar que no hayan reabsorbido humedad.

La segunda, es similar a la anterior. Se precisa de un microondas convencional, y los cartones deben de colocarse horizontalmente exponiendo la mayor parte de superficie posible. Calentar por al menos 30 segundos, darle la vuelta al cartón, y repetir el procedimiento. Al igual que el anterior, deben de dejarse enfriar por completo, y luego pueden utilizarse inmediatamente o almacenarse herméticamente.

Por último, apto para cartón y papel, es colocar dentro de una bolsa de polietileno con cierre *Ziploc*® los cartones y papeles a desecar junto con una carta indicadora de humedad y una bolsa con gel de sílice y sellar la bolsa. Dejar actuar hasta que en la carta indicadora de humedad se aprecie una humedad relativa muy baja, el tiempo es relativo y va a depender de la cantidad de material que haya en el interior de la bolsa, de la capacidad de absorción de humedad del gel de sílice y del contenido de humedad de los propios materiales a secar.

5.2.3. Diferentes sistemas de congelación

A lo largo de los últimos años, muchas instituciones y profesionales dedicados a la conservación del patrimonio fotográfico han publicado y difundido diferentes métodos para poder almacenar diversos tipos de fotografías a temperaturas bajo cero. Todos ellos siguen el mismo razonamiento y lógica, contando con pasos y recomendaciones similares. Sin embargo, las principales diferencias recaen en los tipos de materiales utilizados para el armado de los paquetes y el acondicionamiento previo, de ser necesario, de estos.

A continuación se desarrollará y explicará en una tabla comparativa los diferentes métodos tomados como referencia y los pasos que sigue cada uno para su preparación.

Tabla 02. Comparación de los diferentes métodos de empaquetado.

| | FICA (Film Conditioning Apparatus) - Swedish Film Institute (Goes, 1983) | CMI (Critical Moisture Indicator) - City of Vancouver Archives (Bigelow, 2004) | GCM (Gasketed Cabinet Method) - City of Vancouver Archives (Bigelow, 2004) | CMI (Critical Moisture Indicator) - Wilhelm Imaging Research (McCormick-Goodhart, 2003) |
|---|--|--|--|--|
| ACONDICIONAMIENTO PREVIO AL ARMADO DEL PAQUETE | Los negativos requieren de acondicionamiento previo, lo cual se consigue mediante el <i>Film Conditioning Apparatus</i> diseñado especialmente para que los negativos alcancen una humedad relativa determinada antes de colocarlos dentro del paquete. | Los negativos no requieren de acondicionamiento previo. Aunque deberían de empaquetarse dentro de una sala con una humedad relativa entre un rango de 35% y 60%. Los materiales amortiguadores requieren de acondicionamiento previo. | Los negativos no requieren de acondicionamiento previo. Aunque deberían de empaquetarse dentro de una sala con una humedad relativa entre un rango de 35% y 60%. Los materiales amortiguadores requieren de acondicionamiento previo. | Los negativos no requieren de acondicionamiento previo. Los materiales amortiguadores requieren de acondicionamiento previo. |
| ESTRUCTURA DEL PAQUETE | Los negativos acondicionados se colocan dentro de una bolsa especial de tres capas. La primera de ellas (exterior) es de poliéster o papel, la segunda de aluminio, y la tercera (interna), de polietileno. Se elimina el exceso de aire de la bolsa y se termosella. Este primer paquete se coloca dentro de otra bolsa igual a la primera y se termosella nuevamente. | Los negativos se colocan dentro de sobres individuales o separados entre sí por una hoja de papel barrera. Luego se colocan dentro de una bolsa de polietileno y se sella. Esta bolsa se coloca dentro de otra bolsa igual, junto con dos cartones desecados y un indicador de humedad de cloruro de cobalto, se sella la bolsa. Luego, al acumular varios paquetes se colocan dentro de cajas de archivo ordinarias, al no ser estas resistentes a la humedad se vuelven a colocar dentro de otra bolsa de polietileno, junto con cartones desecados y otro indicador de humedad. El paquete no debe de superar los 3 centímetros de ancho. | Los negativos se colocan dentro de una caja de conservación. Las diferentes cajas se colocan dentro de un armario dentro de un depósito aclimatado con temperaturas bajo cero. Dentro del gabinete hay materiales amortiguadores como cartones desecados y bolsas de tela con gel de sílice para absorber la humedad. Los armarios están modificados para que estén sellados herméticamente y limiten la penetración del aire de dentro de la sala de depósito. | Los negativos se colocan dentro de una bolsa de polietileno, cada negativo tiene una protección individual con papel barrera. Se sella la bolsa luego de eliminar el exceso de aire. La bolsa se coloca dentro de una caja de cartón de conservación, y dentro se colocan dos cartones desecados y papeles desecados de relleno ocupan el espacio de la caja por completo. La caja se coloca dentro de otra bolsa de polietileno junto con el indicador de humedad de cloruro de cobalto, y se sella. |

| | | | | |
|---|---|--|---|--|
| <p>CONDICIONES REQUERIDAS PARA EL ALMACENAMIENTO</p> | <p>Requiere de un congelador doméstico capaz de llegar a temperaturas bajo cero, pero sin la necesidad de que controle y mantenga la humedad relativa en un parámetro establecido.</p> | <p>Los negativos ya empaquetados no deben de permanecer a temperatura ambiente una vez sellados los paquetes. Requiere de un congelador doméstico capaz de llegar a temperaturas bajo cero, pero sin que controle y mantenga la humedad relativa en un parámetro establecido. Datalogger dentro del congelador para llevar a cabo un seguimiento de las condiciones ambientales.</p> | <p>Se requiere de una sala aclimatada con temperaturas bajo cero, pero sin control de humedad. Dentro de cada armario es necesario contar con un datalogger que controle la temperatura y humedad relativa.</p> | <p>Los negativos ya empaquetados no deben de permanecer a temperatura ambiente una vez sellados los paquetes. Requiere de un congelador doméstico capaz de llegar a temperaturas bajo cero, pero sin que controle y mantenga la humedad relativa en un parámetro establecido. Datalogger dentro del congelador para llevar a cabo un seguimiento de las condiciones ambientales.</p> |
| <p>VENTAJAS</p> | <p>No se requiere de un congelador que regule la humedad relativa.</p> | <p>El material (polietileno) es transparente permitiendo la visibilidad del indicador de humedad. El paquete es reutilizable. Materiales de fácil adquisición. No es necesario controlar la humedad relativa.</p> | <p>El acceso a los paquetes es inmediato, no se requieren materiales de relleno. El método es reutilizable. No es necesario controlar la humedad relativa.</p> | <p>El material (polietileno) es transparente, el indicador de humedad es visible. El paquete es reutilizable. Es práctico de preparar en masa. Los materiales son de fácil adquisición. Buen control de los paquetes al estar individualizados. No se requiere control de la humedad relativa.</p> |
| <p>DESVENTAJAS</p> | <p>Es muy laborioso acondicionar todos los negativos. Las bolsas son muy costosas, y además al tener aluminio son opacas, es difícil saber si el sellado ha sido efectivo, y el control periódico de los paquetes se dificulta. Una vez abierto el paquete, el material no es reutilizable.</p> | <p>Poca práctico para controlar los paquetes al estar todos dentro de una misma caja de gran tamaño. El paso de colocar varios paquetes dentro de una caja de archivo parece un paso de más que dificulta el orden y acceso, más que facilitarlo.</p> | <p>Construir una sala de depósito que alcance temperaturas bajo cero es muy costoso y difícil de mantener a comparación de la adquisición de un congelador doméstico.</p> | <p>Es poco práctico para grandes colecciones.</p> |



Fig. 14. Esquema de la estructura del paquete propuesto.

El paquete que en este trabajo se considera más óptimo y eficiente, en cuanto a preparación, rendimiento a largo plazo y accesibilidad de los materiales, es el desarrollado por Mark McCormick-Goodhart (McCormick-Goodhart, 2003) aunque también incluye influencias de los otros sistemas. El armado del paquete, el cual puede seguirse con la guía del **ANEXO 2**, sería de la siguiente manera:

1. Los negativos no necesitan acondicionarse climáticamente, solo colocarlos dentro de fundas de papel barrera o colocar un interfoliado entre ellos. Esto también permite colocar el número de registro individual de cada uno de ellos.
2. Se coloca a los negativos dentro de la bolsa de polietileno transparente con cierre *Ziploc*® quitando el excedente de aire antes de sellarlo. El grosor del paquete no debe de superar los 3 centímetros.
3. Se colocan dos cartones desecados previamente, de un tamaño similar al de la caja de conservación, a ambos lados del paquete de negativos. No se debe escribir ningún tipo de información sobre los cartones para poder reutilizarlos, en el caso de necesitarlo.
4. El paquete junto con los dos cartones desecados se colocan dentro de la caja de conservación. Se pueden colocar más de un paquete si el tamaño de los negativos y de la caja lo permite. En el caso de que la caja sea demasiado grande y el paquete de negativos del interior quede suelto, se deben colocar papeles desecados de relleno para evitar daños por manipulación y movimiento indeseados dentro de la caja.
5. Información sobre lo que se contiene en el interior de la caja puede anotarse en su exterior, o bien colocando una camisa de papel al rededor con este tipo de datos. También se debe incluir, adherida o no, en su exterior la carta indicadora de humedad de cloruro de cobalto.
6. La caja se coloca dentro de una segunda bolsa de polietileno con cierre *Ziploc*®, se extrae el excedente de aire⁴ y se sella.
7. El paquete esta listo para su almacenamiento en frío y debe de ser colocado en bajas temperaturas al poco tiempo de haber sido sellado por completo.



Fig. 15. Prototipo del modelo del paquete propuesto.

⁴ La extracción del aire favorece la conservación, ya que evita que se forme una almohada de aire muy propensa a agujerarse o rasgarse al mínimo contacto con un objeto punzante o al aplicar presión sobre ella. De suceder esto último, el microclima interior se rompería volviendo al paquete ineficiente y poniendo en riesgo a los negativos.

5.2.4. Acciones adicionales a la congelación

Si bien es sabido que el congelamiento de los negativos es la única medida de conservación que va a preservarlos por un periodo de tiempo muy prolongado, al congelarlos su acceso se vuelve más limitado. Es por esto que se recomiendan llevar a cabo medidas adicionales y paralelas al congelamiento de las colecciones fotográficas.

Se recomienda que los negativos sean digitalizados previo al almacenamiento bajo cero. Esto facilita la consulta y la investigación sin la necesidad de manipular el original directamente. La digitalización puede realizarse en diferentes tipos de archivos y resoluciones para cubrir las diferentes necesidades de la difusión de la imagen (Bigelow, 2004: 34). No obstante, no resultaría preciso esperar a digitalizar todos los negativos antes de congelarlos, puesto que la función primordial debe ser la preservación en bajas temperaturas.

Para el proceso de digitalización debería de poder desarrollarse un plan de acción en los que se detalle el volumen de negativos a digitalizar, el estado de conservación de ellos, el personal apto para realizar este tipos de tareas, y un orden de actuación en donde se prioricen a los de peor condición. Es sabido que toda acción de preservación supone un gasto, pero no llevar a cabo un plan de actuación que incluya la digitalización del material almacenado en frío supondría una pérdida de información y recursos en el ámbito del patrimonio cultural y fotográfico.

CONCLUSIONES

Dando por finalizado este Trabajo Final de Máster las conclusiones que he alcanzado a lo largo de su realización son satisfactorias. En primer lugar, he podido investigar en más profundidad la naturaleza y origen de los soportes fotográficos plásticos, entendiendo así como su inherente estructura química afecta incondicionalmente a su comportamiento en cualquier tipo de situación y entorno. Los soportes fotográficos de plástico supusieron un gran avance dentro del mundo de la fotografía permitiendo nuevas modalidades, como la del cine y la película en rollo, no obstante, no todos ellos dieron buenos resultados a lo largo del tiempo.

Asimismo, he podido reconocer la importancia del negativo fotográfico como objeto histórico, cultural y artístico, siendo la matriz fundamental de donde nace la copia fotográfica. Se le debe de dar a este tipo de objetos el valor que merecen, la fotografía no es solo la copia positiva que el público que desconoce del tema identifica como tal, sino todo lo que forma parte del proceso para poder llegar a tener esa copia; siendo el negativo uno de los primeros e irremplazables pasos. Cada tipo de negativo fotográfico en soporte de plástico tiene características únicas que hacen posible su identificación mediante ciertas pruebas, pudiendo ser estas destructivas o no.

Por otro lado, si bien cualquier objeto cultural es propenso al envejecimiento, el deterioro de los soportes fotográficos plásticos es una realidad que avanza a pasos agigantados destruyendo al objeto en poco tiempo, en especial si se tiene en cuenta que su aparición y empleo es relativamente reciente. Estos tipos de deterioro, lamentablemente, son factores irremediables, y he podido confirmar, que la única manera efectiva de frenarlos y evitar su avance es mediante el empleo de unas condiciones climáticas específicas, siendo la más esencial la de las bajas temperaturas.

Además, gracias a los estudios de profesionales especializados en el tema, he podido comprender por qué las temperaturas bajo cero son las únicas que frenan el deterioro químico de los soportes plásticos. Al igual que, la humedad relativa es un factor indispensable a tener en cuenta, pero que, al tomar ciertas medidas, puede pasarse por alto beneficiando la practicidad de la conservación de los negativos fotográficos. He podido relacionar, diferenciar y comparar las virtudes y complicaciones de los macroclimas y microclimas aplicados en la conservación preventiva del patrimonio fotográfico. Siendo así como el concepto de microclima es la base de la propuesta del congelamiento para la preservación de este tipo de objetos fotográficos.

Si bien existen diferentes maneras de llevarlo a cabo, y todo depende del tipo de institución y colección con la cual se lleve a término, siguiendo las pautas generales, yo creo que la propuesta de almacenamiento de negativos fotográficos en soporte de plástico en un congelador doméstico convencional, el cual requiere de una temperatura bajo cero mantenida y estable y una humedad relativa que no fluctúe (sin ser baja ni alta), es una metodología que promete ser eficiente a largo plazo y no requiere de materiales extraños o ajenos a los que se utilicen normalmente en los sistemas de protección primaria para los objetos fotográficos, salvo

algunos con requerimientos específicos (como los indicadores de humedad de cloruro de cobalto).

Por otro lado, no basta con solo congelar a los negativos, si no que es preciso crear un plan de digitalización en paralelo para no perder el acceso inmediato a las colecciones. Además, creo que al haber consultado bibliografía principalmente en una lengua extranjera, he podido crear una breve guía para que aquellos profesionales de habla hispana puedan consultar en el caso de que se vean interesados en emplear este tipo de metodología.

Personalmente, creo que la propuesta es viable si la institución que se lo plantea puede permitirse adquirir y mantener un congelador doméstico. El empaquetado de los negativos para adaptarlos al entorno del congelador es de fácil preparación, rápido y no muy costoso. En el caso de que sea una colección de un gran volumen, se vuelve contraproducente y allí hay otras modalidades de conservación más acorde a esa realidad. Sin embargo, como el empaquetado de negativos para su almacenamiento de negativos en soportes plásticos se plantea para pequeñas y medianas instituciones con colecciones relativamente pequeñas, creo que es la manera más útil y realista de poder asegurar que las colecciones se encuentren bien custodiadas por mucho años y sigan siendo accesibles para generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- ADELSTEIN, Peter Z.; C. Loren GRAHAM y Lloyd E. WEST, 1970. "Preservation of Motion-Picture Color Films Having Permanent Value". En: *Journal of the SMPTE*, Vol. 79, N°11, pp. 1011-1018.
- BIGELOW, Sue, 2004. *Cold Storage of Photographs at the City of Vancouver Archives*. Canada: Canadian Council of Archives.
- BIGOURDAN, Jean-Louis y James M. REILLY, 2002. "Effectiveness of Storage Conditions in Controlling the Vinegar Syndrome: Preservation Strategies for Acetate Base Motion-Picture Film Collections". *Image Permanence Institute: Rochester Institute of Technology*, pp. 1-25.
- BIGOURDAN, Jean-Louis; Peter Z. ADELSTEIN y James M. REILLY, 1997. "Effect of Paper alkaline Reserve on the Chemical Stability of Acetate Base Sheet Film". *Topics in Photographic Preservation*, Vol. 7, pp. 43-54.
- BIGOURDAN, Jean-Louis, ca. 2000. "Vinegar Syndrome: An action Plan". *Image Permanence Institute: Rochester Institute of Technology*, pp. 1-11.
- CANADIAN CONSERVATION INSTITUTE, 1994. "Display and Storage of Museum Objects Containing Nitrate - CCI Notes 15/3". En: *Canadian Conservation Institute* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/display-storage-objects-cellulose-nitrate.html>
- COLLINGS, T.J., 1995. *El cuidado de archivos fotográficos*. Caracas, Venezuela: Conservaplan.
- FISCHER, Monique C. Y Andrew ROBB, 1993. "Guidelines for Care & Identification of Film-Base Photographic Materials". En: *CoOL: Conservation OnLine* [en línea]. [consulta: 21 de abril de 2023]. Disponible en: <https://cool.culturalheritage.org/byauth/fischer/fischer1.html>
- GOOES, Roland y Hans-Evert BLOMAN, 1983. "An Inexpensive Method for Preservation and Long-Term Storage of Color Film". *SMPTE Tutorial*, December 1983, pp. 1314-1316.
- HAGE, Michael, 1983. "Saving the Image: The Deterioration of Nitrate Negatives". *Journal of Photography and Motion Pictures of the International Museum of Photography at George Eastman House: Image*, Vol. 26, N°4, pp. 1-20
- HENDRIKS, Klaus B., et. al., 1991. *Fundamentals of Photograph Conservation: A Study Guide*. Toronto: Lugus Publications.
- IMAGE PERMANENCE INSTITUTE, 2016. "User's Guide for A-D Strips Film Base Deterioration Monitors: The Safe and Accurate Way to Check Film for Vinegar Syndrome". En: *FilmCare* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: https://www.filmcare.org/pdf/adstrips_instructions.pdf

- IMAGE PERMANENCE INSTITUTE, 2023. *FilmCare* [en línea]. [consulta: 23 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.filmcare.org/>
- IMAGE PERMANENCE INSTITUTE, 2023. *Graphics Atlas* [en línea]. [consulta: 23 de marzo de 2023]. Disponible en: <http://www.graphicsatlas.org/>
- ISO 181911:2010 Imaging materials: Processes safety photographic films - Storage practices (Revisado y confirmado en 2020). En: *ISO* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/46602.html>
- ISO 181916:2007 Imaging materials: Processed imaging materials - Photographic activity test for enclosure materials (Revisado y confirmado en 2020). En: *ISO* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/31940.html>
- KOVAC, Criss. "A Reference Guide to Books, Articles, Periodicals, Manuals, Glossaries, Pamphlets and Websites concerning Nitrocellulose Motion Picture Film". *Association of Moving Image Archivist: The Nitrate Film Interest Group*. 2004, pp. 2-18.
- LAFONTAINE, Raymond H., 1984. "Silica Gel". *National Museums of Canada Canadian Conservation Institute* [en línea], Technical Bulletin n° 10, pp. 1-17. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://publications.gc.ca/site/eng/9.862270/publication.html>
- LAVÉDRINE, Bertrand, 2010. *[re]Conocer y conservar las fotografías antiguas*. París: Comité des travaux historiques et scientifiques.
- LIBRARY OF CONGRESS, ca. 2015. "Care, Handling, and Storage of Photographs". En: *Library of Congress* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.loc.gov/preservation/care/photo.html>
- LYRASIS, ca. 2005. "Cold Storage of photographic and Film Materials". En: *LYRASIS* [en línea]. [consulta: 23 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.lyrasis.org/services/Documents/Cold-storage-of-photographic-and-film-materials.pdf>
- McCORMICK-GOODHART, Mark H. y Henry WILHELM, 2004. "The Design and Operation of a Passive Humidity-Controlled Cold Storage Vault Using Conventional Freezer Technology and Moisture-Sealed Cabinets". En: *Final Program and Proceedings: IS&T's 2004 Archiving Conference*. San Antonio, Texas: The Society for Imaging Science and Technology, pp. 176-182.
- McCORMICK-GOODHART, Mark H., 1996. "The Allowable Temperature and Relative Humidity Range for the Safe Use and Storage of Photographic Materials". *Journal of the Society of Archivists*, Vol. 17, N°1, pp. 7-21.
- McCORMICK-GOODHART, Mark H., 1999. "The Cold Storage of Photographic Collections Using Conventional Freezer Technology". En: *The 14th Annual National Archives and Records Administration Preservation Conference: Alternative Archival Facilities*. Washington, DC: Wilhelm Imaging Research, Inc.

- McCORMICK-GOODHART, Mark H., 2003. "On the Cold Storage of Photographic Materials in a Conventional Freezer Using the Critical Moisture Indicator (CMI) Packaging Method". En: *Wilhelm Imaging Research* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: http://wilhelm-research.com/subzero/CMI_Paper_2003_07_31.pdf
- MESTRE I VERGÉS, Jordi, 2013. Identificación y conservación de fotografía. Gijón: Trea.
- NISHIMURA, Douglas, 2015. "Strategies for the Storage of Cellulose Acetate Film". *Topics in Photographic Preservation*, Vol. 16, pp. 239-244.
- PARKES, A., 1856. Improvements in the use of collodion in photography. Patente BP No 1123. 13 de Mayo de 1856.
- PARKES, A., 1856. An improvement in preparing materials for, and in waterproofing and coating woven and other fabrics, paper, leather, and other substances. Patente BP No 1125. 13 de Mayo de 1856.
- REILLY, James M., 1993. *IPI Storage Guide for Acetate Film*. Rochester, Nueva York: Image Permanence Institute.
- REILLY, James M., 1998. *Storage Guide for Color Photographic Materials*. Rochester, NY: Image Permanence Institute.
- REILLY, Julie A., 1991. "Celluloid Objects: Their Chemistry and Preservation". *Journal of the American Institute for Conservation* [en línea], Vol. 30, nº 3, Artículo 3, pp. 145-162 [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://cool.culturalheritage.org/jaic/articles/jaic30-02-003.html>
- SAN ANDRÉS MOYA, Margarita y Silvia GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA, 2002. "El plástico como bien de interés cultural (I)". *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, N°40-41, pp. 87-102.
- SAPWATER, E., 1999. "Cold Storage Freezes Time for Photographic Film and Prints: Images on Ice". *PEI*, Abril 1999, pp. 36-44.
- SIEGEL, Robin E., 1999. "Building a Small Cold Storage Vault". En: *National Archives* [en línea]. [consulta: 22 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.archives.gov/preservation/storage/cold-storage-vault.html>
- TAVARES COSTA ROLDÃO, Élia Catarina, 2018. *A contribution for the preservation of cellulose esters black and white negatives*. Ana María Martelo Ramos, dir. Tesis. Universidad Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- VALVERDE VALDÉS, María Fernanda, 1996. *Métodos para Evaluar el Deterioro de las Películas Cinematográficas con Soporte de Nitrato de Celulosa*. Tesis. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Escúdala Nacional de Conservación, Restauración y Museografía 'Manuel del Castillo Negrete', Ciudad de México.

- VALVERDE, Fernanda, 2019. "The Expansion of the Cold and Cool Storage Vaults at the Amon Carter Museum of American Art". En: *AIC 47th Annual Meeting: Mayo*. Uncasville, New England & CT.
- VALVERDE, María Fernanda, 2005. *Photographic Negatives: Nature and Evolution of Processes, 2nd edition*. George Eastman House: Image Permanence Institute.
- WILHELM, Henry y Carol BROWER, 1993. "Frost-Free Refrigerators for Storing Color and Black-and-White Films and Prints". En Henry WILHELM. *The Permanence and Care of Color Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides, and Motion Pictures*. Grinnell, Iowa: Preservation Publishing Company, pp. 655-686.
- WILHELM, Henry y Carol BROWER, 1993. *The Permanence and Care of Color Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides, and Motion Pictures*. Grinnell, Iowa: Preservation Publishing Company.
- WILHELM, Henry; GRESSENT, Cédric y Drew MacLEAN, 2008. "Long-Term Preservation of Photographic Originals and Digital Image Files in the Corbis/Sygma Collection in France". En: *Archiving 2008 Final Program and Proceedings*. Berna, Suiza: The Society for Imagining Science and Technology, pp. 257-265.

ANEXO 1: Listado de fotografías e ilustraciones

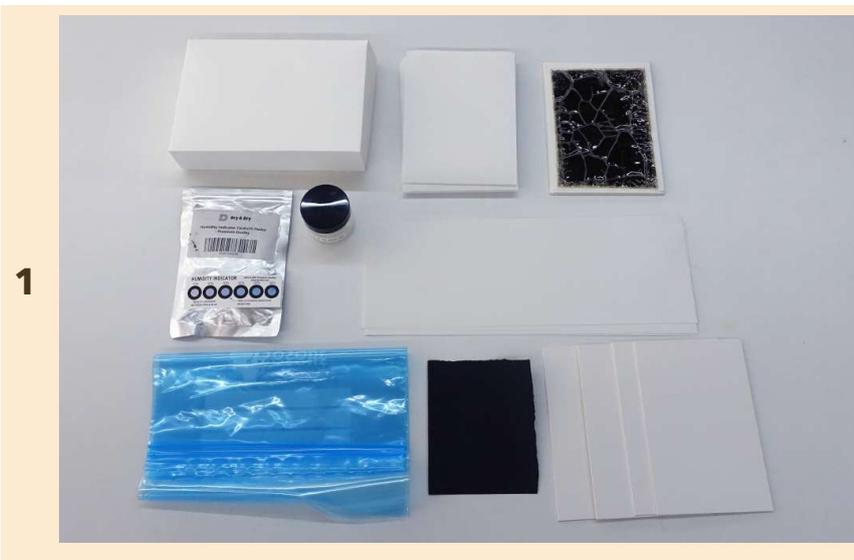
- Figura 01. Valentina Pavón, 2023. *Esquema de la estructura genérica de los negativos en soporte de plástico* [ilustración]. Autoría propia.
- Figura 02. Amanda Oliver, 2015. *An example of edge printing and notch codes for a nitrate negative and an acetate negative* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://archivesalberta.wordpress.com/tag/notch-codes/#:~:text=Notch%20codes%3A%20A%20notch%20code,the%20negatives%2C%20it%20is%20acetate>
- Figura 03. Valentina Pavón, 2023. *Esquema para la identificación de un negativo en soporte de plástico mediante los códigos de muescas e impresión de la palabra 'Nitrate' y 'Safety'* [ilustración]. Adaptación de las fotografías de Amanda Oliver de la Figura 02.
- Figura 04. Valentina Pavón, 2023. *Identificación de soporte de poliéster mediante el uso de filtros polarizados cruzados* [fotografía]. Autoría propia.
- Figura 05. Library and Archives Canada, 2011. *Nitrocellulose film on a light box, showing deterioration* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrocellulose#/media/File:Light_box_displaying_a_nitrate_photograph_negative_panorama_suffering_from_deterioration.jpg
- Figura 06. Image Permanence Institute, 2023. *Silver Mirroring* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.filmcare.org/vd_silvermirroring.php
- Figura 07. Image Permanence Institute, 2023. *Gelatin & Base Decomposition* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.filmcare.org/vd_binder.php
- Figura 08. Image Permanence Institute, 2023. *Embrittlement* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.filmcare.org/vd_embrittlement.php
- Figura 09. Image Permanence Institute, 2023. *Anti-halation backing color retrieval* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.filmcare.org/vd_antihalation.php
- Figura 10. Image Permanence Institute, 2023. *Delamination and Channeling* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.filmcare.org/vd_delamination.php
- Figura 11. Mark McCormick-Goodhart, 2023. *A Discussion of Cold Storage Theory and Practice for Photographic and Paper-based Records* [fotografía]. [consulta: 12 de mayo de 2023]. Disponible en: https://connectingtocollections.org/cold_storage/
- Figura 12. Image Permanence Institute, 2023. *Using A-D Strips* [ilustración]. [consulta: 12 de mayo]. Disponible en: https://filmcare.org/ad_strips

Figura 13. Valentina Pavón, 2023. *Materiales* [fotografía]. Autoría propia.

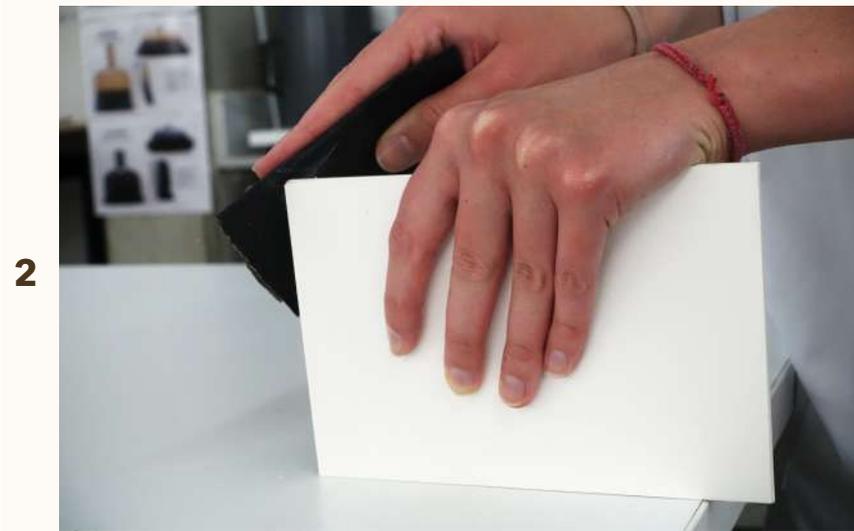
Figura 14. Valentina Pavón, 2023. *Esquema de la estructura del paquete propuesto* [ilustración].
Autoría propia.

Figura 15. Valentina Pavón, 2023. *Prototipo del modelo del paquete propuesto* [fotografía].
Autoría propia.

ANEXO 2: Guía de armado del modelo de paquete propuesto para el almacenamiento de negativos en temperaturas bajo cero



Materiales necesarios:
 Caja de conservación. Sobres de conservación. Negativos en soporte de plástico. Indicadores de humedad de cloruro de cobalto. Gel de sílice. Papeles de relleno. Bolsas de polietileno con cierre Ziploc®. Lijas. Cartón de enmarcar. Cinta adhesiva de polietileno apta para bajas temperaturas. Microondas u horno.



Los cartones de enmarcar deben de cortarse todos de un mismo tamaño. Deben de entrar dentro de la caja de conservación. Se deben de lijar los bordes y cantos antes de desecarlos.



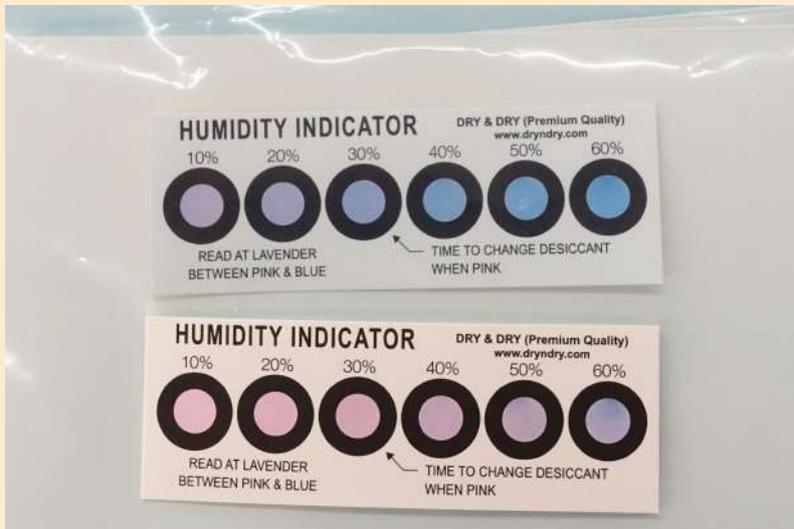
Para conocer el contenido de humedad aproximado de los cartones, se colocaron dentro de una bolsa de polietileno junto con un indicador de humedad de cloruro de cobalto. Luego de la exposición, el indicador refleja el parámetro de la humedad relativa de dentro de la bolsa, por ende el de los cartones. En este caso se encuentra entre 30% y 40%.

4



Los cartones pueden desecarse en microondas u horno. El horno es conveniente para desecar varias piezas a la vez. El microondas es práctico para situaciones puntuales. Se debe cuidar de que se exponga la mayor superficie posible. Una vez desecado de un lado, se da vuelta y se repite por el lado contrario.

5



Para corroborar que, efectivamente, los cartones habían perdido humedad. Se colocaron dentro de una bolsa de polietileno con cierre Ziploc® junto con un nuevo indicador de humedad. Los cartones marcan una humedad cercana al 10%, pudiendo ser inferior. A modo de referencia se colocó otro indicador fuera de la bolsa, y la humedad relativa del ambiente estaba entre 50% y 60%.

6



Al igual que con los cartones, los papeles de relleno se colocaron dentro de una bolsa junto con un indicador de humedad para luego contrarrestar que fueron desecados de manera efectiva. Antes de desecarlos, la humedad relativa se encontraba entre 30% y 40%.

7



Los papeles se desecan colocándolos dentro de una bolsa de polietileno con cierre Ziploc® junto con un recipiente con gel de sílice preparado para absorber humedad, y un indicador de humedad. Cuando la carta del indicador muestre que la humedad relativa es baja, significa que los papeles fueron desecados eficientemente. En este caso marca una humedad relativa de 10% o inferior.

8



Los sobres individuales para los negativos deben de ser de papel barrera de conservación, pueden confeccionarse a mano o adquirirse de tiendas de conservación. La numeración de los sobres debe de hacerse antes de colocar a los negativos en su interior.

9



Los negativos deben de colocarse dentro de su sobre individual con su respectivo número de registro. En este paso es conveniente manipularlos con guantes y con mucho cuidado debido a su extrema fragilidad.

10



Los negativos ya colocados dentro de sus respectivos sobres luego son colocados dentro de una bolsa de polietileno con cierre Ziploc®. El grosor no debe superar los 3 centímetros.

11



Se debe de quitar el excedente de aire de dentro de la bolsa. La bolsa debe ser la que se adapte al tamaño de los negativos y no los negativos al tamaño de la bolsa.

12



La bolsa debe de sellarse correctamente, evitando el ingreso de aire.

13



En este caso, el tamaño de la bolsa era considerablemente superior al de los negativos. Para conseguir un paquete más compacto se plegó la bolsa y se formó un paquete de menor tamaño utilizando cinta adhesiva de polietileno resistente a bajas temperaturas.

14



Materiales necesarios para colocar dentro de la caja de conservación: Dos cartones de enmarcar desecados. Paquete de negativos (pueden ser uno o varios, dependiendo del tamaño de la caja). Papeles de relleno.

15



Primero se coloca uno de los cartones dentro de la caja, justo por encima, el paquete de los negativos, y luego, el segundo cartón. Por último, para evitar que el contenido se mueva y quede suelto, el espacio libre del interior se rellena con papeles o cartones desecados.

16



A la caja de conservación una vez cerrada se le puede añadir el número de registro y adherir el indicador de humedad de cloruro de cobalto en una zona visible.

17



La caja se coloca dentro de la segunda bolsa de polietileno.

18



Al igual que con la primera bolsa, aquí también es preciso retirar el exceso de aire del interior y luego sellarla correctamente.

19



Para conseguir un paquete más compacto se utiliza cinta adhesiva de polietileno para recoger aquellas partes sueltas del paquete.

20



Paquete finalizado listo para su almacenamiento en temperaturas bajo cero dentro de un congelador doméstico convencional.