

“La conservación de la fotografía en color. Una urgente necesidad”

VI Jornadas Antoní Varés. Girona 2000

Notas sobre la fotografía en color

(Actas de las Jornadas de Varés, 2000)

Todos hemos llevado a revelar el inevitable rollo que contiene la demostración gráfica de las últimas vacaciones y a todos nos ha sido entregado un sobre de solapa abierta que separa, en dos compartimentos, las copias en color (sin otra protección que la del dudoso sobre) de sus negativos (contenidos en un acordeón de plástico, tal vez polipropileno). Si examinamos detenidamente la relación entre el área de la imagen presente en los negativos y la representada en las copias, descubriremos con frecuencia que no coinciden; el negativo contiene algo más de información. Las copias están positivadas a sangre, sin márgenes que impidan la decidida aplicación de una generosa cantidad de grasa procedente de nuestros dedos. Es fama que las fotografías en color que decoran las paredes y estanterías de nuestras casas cambian de color, que la industria fotográfica posee una ingente cantidad de información sobre los problemas de permanencia del material que ponen en el mercado y que la fotografía sigue siendo un negocio billonario. Durante los años felices en los que permanecí en el laboratorio de conservación del International Museum of Photography at George Eastman House, Rochester, Nueva York, tuve la oportunidad de preguntar a los ingenieros de la Kodak sobre esas cuestiones, la respuesta era sencilla: “revelamos los negativos y los copiamos en un bonito papel de 10 X 15 cm., brillo, mate o semimate en una hora y por 10 dólares, ¿quieres además que duren?”. Al año se producen más de cuarenta mil millones de registros fotográficos, y más del 90% son en color. Ciertamente tenemos un problema.

Algunas consideraciones históricas.

La evolución de la fotografía en color es un fiel reflejo de su historia. Fue presentada mucho antes de su nacimiento oficial en innumerables investigaciones que fueron hábilmente conectadas en el siglo XIX. En sus inicios, la fotografía en color ocupó las horas de los científicos y los operadores avanzados; cuando se transformó en el negocio que hoy representa, los procedimientos menos rentables dejaron simplemente de existir. En la actualidad, la fotografía en color constituye el segmento mayoritario de la industria fotográfica y, dentro de él, la fotografía de aficionado es el sector que genera más investigación y competencia.

La fotografía en color es un edificio que descansa sobre dos columnas claramente diferenciadas, una refiere a los procedimientos obtenidos por la síntesis aditiva, desarrollada durante el siglo XIX y el primer tercio del XX y la otra, contiene los procedimientos actuales y es conocida como síntesis sustractiva.

El color por síntesis aditiva se basa en la reproducción de la información cromática del sujeto mediante la mezcla de los tres colores primarios (rojo, verde y azul) en la adecuada proporción.

El color por síntesis sustractiva obtiene la reproducción cromática del sujeto a base de hacer pasar la luz blanca por dos o más capas transparentes coloreadas que contienen la información icónica; cada uno de los colores absorbe o sustrae una región del espectro que las demás transmiten. Los colores operativos de la síntesis sustractiva son el amarillo, el magenta y el cian, que absorben respectivamente los valores correspondientes de azul, verde y rojo de las regiones del espectro visible.

La obtención de un registro carente de indeseadas dominantes precisa de una exacta identificación de cuáles son los colores primarios o los secundarios. A lo largo del siglo XIX fue

propuesta una gran abundancia de procedimientos por síntesis aditiva que no tuvieron un éxito comercial, bien porque la identificación de los colores primarios era errónea, o porque los elementos para obtener la separación de los colores no tenían la adecuada duración. Según refiere J .M. Eder¹: “El primer informe acerca de los colores primarios, que es la base de toda nuestra sensibilidad al color, fue hecho por Antonius de Dominis en su disertación *De Radiis Visus et Lucis in Vitris Perspectivis et Iride* (Venecia, 1611). El observó que los colores resultan de la absorción de la luz blanca. El negro es la ausencia de luz, afirma, y el rojo, el verde y el violeta son los colores primarios, de los cuales se componen todos los demás colores.” En la misma página, Eder informa que, en 1613, “El jesuita Franciscus Aguilonius dibujó un esquema del color tomando como base de los primarios el rojo, el amarillo y el azul”. Siglos más tarde algunos procedimientos fotográficos arrastraron la errónea identificación de los colores de ambas proposiciones.

En 1801, Thomas Young propuso su famosa teoría de que el ojo humano respondía a los colores mediante receptores tricolor. Planteaba que nuestra retina contiene tres tipos de receptores o nervios sensibles al color, siendo cada uno de ellos sensible al azul, al rojo y al verde, de forma que nuestro cerebro recibe la información de cuantas variables en la cantidad de esos colores estén presentes en el sujeto de la toma siendo, de esta forma, capaz de reproducir la totalidad del espectro cromático. Esta teoría, retomada y reelaborada por H. Von Helmholtz y conocida como teoría Young-Helmholtz, es considerada por todos los manuales como un hito imprescindible en la historia de la fotografía en color.

Los experimentos y anotaciones que relacionan el color de la luz y la sensibilidad hacia estos de las sales de plata son anteriores a la propia fotografía. En 1810, Thomas J. Seebeck, expuso a los colores de la luz blanca refractada a través de un prisma, una solución de cloruro de plata extendida sobre un soporte de papel y obtuvo como resultado que algunos de los colores del espectro fueron registrados en la solución fotosensible. El año 1839 es celebrado como el del nacimiento oficial de la fotografía; el francés Louis Jacques Mandé Daguerre hace público su procedimiento bautizado con el nombre de daguerrotipia². En el mismo año el británico William Henry Fox Talbot lee ante la Royal Society la memoria “Some Account of the Art of Photogenic Drawing”, y con sus dibujos fotogénicos³ nace la fotografía sobre papel. 1839 es un año que marca, bajo la euforia que supuso la fotografía en los círculos científicos y artísticos, la primera decepción: los registros fotográficos eran monocromos. En 1840, el pintor y daguerrotipista Isenring⁴ exhibe daguerrotipos iluminados a mano, práctica que habría de ser común, tanto en los positivos directos de cámara como en la fotografía sobre papel a lo largo de todo el siglo XIX y que aún hoy practican artistas como Bárbara Allende (Ouka Lele). La iluminación de originales fue la primera industria de fotoacabado de la historia de la fotografía. Daguerrotipos coloreados, como los estereoscópicos que realizara el francés Claudet en su estudio londinense, son, justamente, considerados como piezas maestras que enriquecen los fondos de museos y colecciones. Tanto Daguerre como Talbot y la primera generación de científicos y fotógrafos, dirigieron sus investigaciones hacia el color. Variaciones en la elección de los agentes sensibilizadores, aglutinantes, tiempos de exposición y de revelado produjeron cambios en el color general del registro; daguerrotipos sobreexpuestos generaban un fuerte color azul en el área de luces más altas, pero los originales seguían siendo monocromáticos.

Las investigaciones sobre la relación entre los colores del espectro lumínico y las diversas formas de plata hacen que los experimentos pioneros de Seebeck vuelvan a ser de interés para los investigadores. En 1840, el científico Sir Jonh Herschel reprodujo la experiencia y logró registrar los colores rojo, verde y azul correspondientes a los del espectro⁵; el fijado de los colores resultantes pasó a ser uno de los inconvenientes a resolver;. En 1851,

¹ Eder, J. M.(1945): History of Photography. New York, Columbia University Press. p. 639

² Positivo directo de cámara obtenido sobre una lámina de plata sensibilizada por su exposición a vapores de yodo y revelada en vapores de mercurio.

³ Procedimiento que permite la obtención de registros sobre un papel flotado en una solución de cloruro sódico y posteriormente sensibilizado por cepillado o flotación en una solución de nitrato de plata.

⁴ Eder Josef María: History of Photography. New York, Columbia University Press. 1945 p. 315

⁵ Coe, Brian: Colour Photography. The first hundred year 1840-1940.London, Ash & Grant Ltd. 1978. p.20

Niepce de Saint-Victor mejoró, mediante el uso de barniz como capa de protección, la estabilidad a la luz de los colores. También en 1840, el científico francés Edmond Becquerel inició el estudio de la acción del espectro lumínico sobre las sales de plata, las de cobre, sobre el cloruro de oro y el bicromato de potasa. En ese mismo año⁶, obtuvo el registro de algunos de los colores del espectro mediante la sustitución del soporte de papel, usado por Seebeck y Herschel, por una placa de daguerrotipia, cubierta una vez por una capa de cloruro de plata y otras por yoduro. En la década de los 50, las continuadas investigaciones de Niepce de Saint-Victor le permiten realizar registros fotográficos con cierto grado de color desde la cámara; Brian Coe⁷ afirma que uno de sus heliocromos mantenía brillantes colores cuarenta años después de ser realizado. No obstante, la lentitud de su procedimiento impidió su lanzamiento comercial.

El 15 de febrero de 1851, la página 209 del volumen 1, nº 7 del "Daguerrian Journal", anuncia en capitulares el *Nuevo y valioso descubrimiento- Hillotipos*. Presentados como el mayor hallazgo hecho público desde el anuncio de la daguerrotipia por Daguerre y del telégrafo por Morse, la publicación saluda con entusiasmo la obtención de impresiones en todos los "colores de la naturaleza" sobre placa metálica, llevada a cabo por el reverendo L. L. Hill. Hill logró recolectar 15.000 dólares de entusiastas operadores que compraron a 5 dólares el libro con las instrucciones para llevar a cabo el proceso, pero no pudieron obtener ningún tipo de resultado satisfactorio⁸. Desde el *Daguerrian Journal* (donde su director, Humphry, le había nombrado presidente de honor) fue acusado, primero, de haber ocultado algún componente de la formulación, y después, de ser un farsante. Samuel Morse que se entrevistó con Hill, comisionado por suscriptores y daguerrotipistas, afirmó, tras un detenido examen de los originales, que éstos eran en color y de una gran belleza. Para la mayoría de los historiadores el reverendo Hill fue un hábil timador⁹, pero en el Capítulo 18 de la publicación "Pioneers of Photography" pp. 189-199, Joseph Boudreau, daguerrotipista contemporáneo, explica cómo logró obtener daguerrotipos en color, casi ciento cuarenta años después que Hill, haciendo uso del mismo manual con que otros fracasaron.

Los estudiosos señalan que el primer experimento que permitió ofrecer una imagen fotográfica en color fue obra del físico escocés James Clerk Maxwell. Como recoge Brian Coe¹⁰, en 1855, Maxwell discutió la teoría de Young, ilustrando sus implicaciones con una sugerencia sobre la fotografía:

"Es necesario establecer los colores de un paisaje por medio de impresiones tomadas sobre una preparación igualmente sensible a los rayos de cada color. Colocar una placa de cristal rojo delante de la cámara, y tomar una impresión. Su positivo será transparente en las zonas del paisaje en las que abunde la luz roja, y opaco donde no la haya. Pongámoslo ahora en una linterna mágica junto con el cristal rojo y aparecerá una imagen roja en la pantalla. Repetir esta operación con un cristal verde y un cristal violeta, y por medio de tres linternas mágicas superponer las tres imágenes en la pantalla. El color en cualquier punto de la pantalla dependerá ahora del color del punto correspondiente del paisaje y... una copia completa del paisaje... aparecerá en la pantalla."

El 17 de Mayo de 1861, Maxwell llevó a cabo su celebrado experimento del lazo escocés en la Royal Institution de Londres durante una conferencia titulada "Sobre la teoría de los tres colores primarios", experiencia que habría de ser capital para las técnicas de color

⁶ "Les expériences de M. Edmon Becquerel sur la actions chimiques de la lumière et L'héliochromie. Conférence du 20 mars 1892. par M. Henri Becquerel, Membre de L'institut." p.3, reimpreso en Conférences Publiques Sur la Photographie Théorique et Technique. Paris. Jen Michel Place. 1985.

⁷ Coe, Brian: *Colour Photography. The first hundred year 1840-1940*. London, Ash & Grant Ltd. 1978. p.20

⁸ Romer, G. B. Y Delamoir, J. "Las primeras fotografías en color" (1990): *Investigación y Ciencia*, edición española de *Scientific American*, nº 161. pp 44-53. Madrid. Este artículo es, en mi opinión, una joya de la literatura sobre la historia de la fotografía en color.

⁹ Eder J. M. (1945): *History of Photography*. New York, Columbia University Press. 1945 p. 316

¹⁰ Coe, Brian: *Colour Photography. The first hundred years 1840-1940*. London, Ash & Grant Ltd. 1978. p.28

realizadas mediante la síntesis aditiva. Numerosos procedimientos por triple proyección o por visionado en aparatos diseñados al efecto, como los cromogramas, o los registros Prokudin-Gorskii descansan en este principio.

Su demostración, llevada a cabo mediante la triple proyección de tres transparencias que se superponían para formar un único registro, es tecnológicamente admirable; las placas tenían un aglutinante de colodión húmedo al tanino¹¹ y solo eran claramente sensibles a las radiaciones del azul y el ultravioleta del espectro. Las placas fotográficas sensibles también al verde y al rojo (pancromáticas) no aparecerían en el mercado hasta 1906. En 1868, Louis Ducos de Hauron y, en 1869, Ch. Cros propusieron, con muy escasas variantes, la posibilidad de obtener registros en el color de la naturaleza mediante la superposición de tres transparencias fotográficas, obtenidas a partir de tres negativos de separación, expuestos a través de filtros, azul amarillo y rojo. En ese mismo año el físico alemán W. Zenker propuso la teoría de que la facultad de las placas de cloruro de plata para reproducir el color del espectro venía determinada por la interferencia de las ondas luminicas.

En 1874, Du Hauron mejora notablemente su proceso al aplicar en sus emulsiones el implemento a la sensibilidad de colores descubierto por H. Vogel¹². Sensibilizó sus placas (al colodión y bromuro de plata) con coralina (propuesta por Vogel para poder registrar el color verde del sujeto de la toma) y con clorofila (propuesta por Becquerell para poder registrar el color rojo del sujeto de la toma).

En 1891, Gabriel Lippmann expuso una placa de vidrio recubierta con una emulsión de albúmina y bromuro de plata en un ingenioso chasis que permitía el contacto de la emulsión con una fina película de mercurio líquido. Expuesta a la luz a través del vidrio, la información luminica y cromática del sujeto de la toma impresionaba los haluros de plata presentes en la emulsión y, al rebotar en la película de mercurio, producía la formación de ondas estacionarias, las cuales generaban en la plata una separación laminar correspondiente a las distintas longitudes de onda. Tras el revelado, el aparente negativo examinado bajo cierto ángulo de luz reflejada devolvía la visión, positiva y en color, del sujeto de la toma. El procedimiento de Lippmann causó una gran sensación y los materiales requeridos para ejecutar ésta técnica llegaron a comercializarse durante unos años. Santiago Ramón y Cajal dedicó una parte importante de su libro, *La Fotografía de los Colores*, a la explicación científica de este fenómeno; el insigne neurólogo fue un maestro de éste y otros muchos procedimientos. La fundación que lleva su nombre, y que custodia su legado, guarda algunas de sus magistrales placas obtenidas por este proceso.

En 1897, Ducos de Hauron anuncia un procedimiento para la producción de tres negativos de color por medio de tres placas superpuestas una detrás de la otra y expuestas a la vez¹³. Encima colocó (con el lado de cristal hacia las lentes) una emulsión sensible al azul seguida de un filtro amarillo, después una emulsión sensible al verde, luego un filtro rojo y finalmente una emulsión sensibilizada al rojo. Esta superposición de películas de tres colores, una detrás de la otra, fue denominada posteriormente “paquete triple” (tripack); como señalan G. Romer y J. Delamoir¹⁴, el paquete triple es casi idéntico al de la película Kodachrome.

En 1898, Liesegang observó que la plata fotosensible de una capa se difundía en otra que contenía un agente revelador, siendo entonces reducida. El resultado de estas observaciones no permitió ninguna aplicación de carácter comercial, pero años más tarde permitiría el nacimiento de la fotografía instantánea.

Ducos de Hauron había estudiado cómo simplificar la cantidad de capas requeridas por su procedimiento. Concluyó que si una única emulsión era expuesta a través de una pantalla de finísimas líneas de colores rojo, amarillo y azul trazadas sobre un cristal, cada color

¹¹ Variante del proceso al colodión húmedo en la que la placa de vidrio sensibilizada era tratada con tanino para aumentar su rango de uso por encima de los límites tradicionales del proceso.

¹² Eder J. M. (1945): *History of Photography*. New York, Columbia University Press. 1945 p. 645

¹³ Eder J. M. (1945): *History of Photography*. New York, Columbia University Press. 1945 p. 647.

¹⁴ Romer, G. B. Y Delamoir, J. “Las primeras fotografías en color” (1990): *Investigación y Ciencia*, edición española de *Scientific American*, nº 161. pp 44-53.

permitiría que llegase a la emulsión solo la luz correspondiente a cada uno de ellos. Si de ese negativo obteníamos una transparencia, y ésta era visionada a través de la misma pantalla, la imagen positiva recrearía el color de la toma. Este procedimiento fue llevado a cabo comercialmente por distintos industriales con diferente éxito de mercado.

En 1906, se ponen a la venta las primeras placas pancromáticas (emulsiones sensibles a la totalidad de los colores de la luz). Un año más tarde, los hermanos Lumière (Auguste y Louis) comercializan las primeras placas autocromas basadas en el principio de Ducos de Hauron. Los Lumière sustituyeron la pantalla lineal por una capa de diminutos granos de fécula de patata teñidos de verde, naranja-rojizo y violeta; los intersticios de la fécula fueron rellenados con polvo de carbón. Las placas autocromas, como todos los procedimientos de pantalla/ mosaico, obedecen a una misma metodología de trabajo. Eran expuestas con la pantalla hacia el objetivo y a través de un filtro amarillo. La luz, antes de incidir sobre la emulsión fotográfica, tenía que atravesar la retícula compuesta por los tres colores primarios de modo que, por ejemplo, la información cromática del verde, reflejada por el sujeto de la toma, atravesaba los corpúsculos verdes de la trama de color e impresionaba la película fotográfica; a la vez el verde impedía el paso de la información de los colores rojo y azul. Tras el revelado en blanco y negro y la inversión, el resultado es una transparencia que contiene toda la información cromática del sujeto de la toma.

Este procedimiento fue sin duda todo un éxito comercial, ya que gozó de manera inmediata del fervor de los aficionados. Resulta conveniente recordar que, en la década de los 80 del siglo XIX se pusieron a la venta los papeles de ennegrecimiento directo¹⁵ listos al uso y que, en 1884, Kodak lanzó las películas Eastman y Eastman América (reveladas por los laboratorios de Kodak); eso hizo que, al no ser requeridos grandes conocimientos de química para poder registrar fotografías, el mercado de los aficionados empezara a competir seriamente con el mercado profesional. Producir registros autocromos estaba al alcance de la mano de cualquier aficionado que revelara sus propias placas.

En algunos procedimientos como el autocromo, la pantalla forma parte indisociable de la morfología del artefacto y, protegida por un barniz, era sometida a todo el proceso de revelado. En otros, como el Payet o el Finlay, la pantalla era independiente de la placa sensible: era interpuesta ante ésta durante la toma y vuelta a usar tras el proceso de revelado para el visionado cromático del registro.

Es preciso hacer hincapié en la posibilidad de custodiar en archivos y colecciones transparencias de triple proyección o de mosaico/ pantalla intercambiable que, sin los filtros o las pantallas, puedan quedar catalogadas como simples diapositivas sobre soporte de vidrio con extraño contraste.

Cronología comercial de los procedimientos de pantalla:¹⁶

Joly Natural Colour Process (1895), McDonough (1897), Autochrome (1897), Krayn Screen (1905), Omnicolore (1907), Dufay-Dioptichrome (1908), Agfacolor (1916), Lignose (1927), Finlay Colour (1929), Alticolor (ca. 1930), Piller Colour (1931), Lumicolor (1933), Dufaycolor (1935), Filmcolor (1933), Polaroid Polavision (1978).

Cada una de estas patentes tiene características comerciales propias, especialmente en la obtención de la pantalla. La identificación de los diferentes procedimientos puede realizarse sin gran dificultad mediante el uso de lupas y microscopios. B. Coe incluye en las páginas 50-51 de su libro *“Colour Photography. The first hundred years 1840-1940”*, ampliaciones de las pantallas y mosaicos utilizadas por los procedimientos de mayor éxito comercial.

¹⁵ Procedimiento fotográfico en que los haluros de plata son reducidos a plata metálica por la acción directa de la luz, difieren de los papeles de revelado químico en que en estos la exposición a la luz produce una imagen latente que precisa del revelado químico para la obtención de la imagen final. En

¹⁶ Nadeau, Luis (1989): *Encyclopedia of Painting, Photographic and Photomechanical Processes*. (Vols.1 and 2). New Brunswick. Canadá. Vol. 1 p.24.

En 1993, Bertrand Lavedrine¹⁷, químico y conservador francés, publicó el resultado de sus investigaciones sobre la técnica del autocromo. Su trabajo resulta muy clarificador para un correcto entendimiento de las bases científicas, y de los problemas concernientes a la conservación de este tipo de valiosos artefactos.

El color moderno

Describir la historia de la fotografía moderna en color requeriría más espacio del que permiten estas páginas: en menos de sesenta años la industria fotográfica ha puesto en el mercado cientos de materiales con innovaciones y pautas de deterioro propias. Cada fabricante, cada producto fabricado presenta variables que merecen un detenido estudio. No obstante, en las páginas dedicadas a la morfología y al deterioro de los materiales, están recogidos algunos de los éxitos y fracasos que constituyen parte de su historia.

El nacimiento de la fotografía en color actual se sitúa en el año 1935, cuando Eastman Kodak puso Kodachrome en el mercado. Un año más tarde, la firma alemana Agfa comercializó la película Agfacolor. El color moderno se caracteriza por usar la plata de la película como medio para fijar la imagen final, que está formada fundamentalmente por tintes, es decir, acabado el procesado, la película o la copia no contienen plata (algunos manuales denominan a este tipo de procedimientos como *base de plata*). Este cambio de una imagen final aceptablemente estable, como es la plata filamentaria característica de los procesos de síntesis aditiva, por una forma poco estable, como son la mayoría de los tintes cromógenos utilizados en la síntesis sustractiva, tiene una gran importancia en lo que se refiere a su conservación.

Para entender la complejidad tecnológica del color moderno puede ser de utilidad explicar la morfología y la génesis química de, por ejemplo, una transparencia en color de capas múltiples. La primera capa está constituida por una emulsión sensible a la luz azul del espectro con los acopladores de formación del tinte amarillo; la segunda capa está formada por un filtro amarillo que tiene la misión de evitar que las ondas azules de la luz incidan en la segunda capa sensible de emulsión; la tercera capa es una emulsión ortocromática que recibe la información correspondiente a los valores de verde presentes en la toma, e integra los acopladores para la formación del tinte magenta; la cuarta capa es una emulsión sensible al rojo que integra los acopladores de formación del tinte cian. Una vez realizado el registro, obtenemos tres negativos de separación de color que contienen, cada uno, una imagen latente. El procesado se inicia con el revelado químico en blanco y negro de los haluros de plata para reducirlos a plata metálica filamentaria. Posteriormente, se obtiene la inversión tonal de las tres emulsiones mediante una exposición de la película a la luz o el empleo de un reactivo químico. La fase de revelado de color comienza con el revelado químico de las zonas veladas que dan como resultado una imagen positiva sobre plata filamentaria. En esta fase se forman los productos de oxidación especiales que han de reaccionar con los acopladores de color específicos presentes en cada capa de emulsión para lograr:

- en la emulsión sensible a la luz azul → un negativo y un positivo de separación en plata metálica y la imagen positiva de tinte amarillo.
- En la emulsión sensible al verde → un negativo y un positivo de separación en plata metálica y la imagen positiva de tinte magenta.
- En la emulsión sensible al rojo → un negativo y un positivo de separación en plata metálica y la imagen positiva de tinte cian.

La eliminación química de toda la plata metálica presente en las tres capas de emulsión da como resultado una transparencia en color cuya imagen final está formada por tintes. En el

¹⁷ LavedrineL Bertrand. “*Les Autochromes. Approche historique et technologique du procede. Étude des problèmes liés à sa Conservation.*” Les Documents Graphiques et Photographiques. Analyse et Conservation 1993. Paris, Archives Nationales.

caso concreto del Kodachrome, su proceso de revelado es diferente, ya que los acopladores de color son añadidos durante el revelado.

La película negativa y las copias de color tienen una estructura similar a la de las transparencias ya descritas, pero su génesis química es más corta y menos complicada. El revelado de color produce la reducción a plata metálica de la imagen latente presente en las tres emulsiones y, por reacción de los acopladores de color de cada emulsión con los productos de oxidación, los tres negativos de tinte; tras la eliminación química de la plata y el fijado, el resultante es un negativo cuya imagen final está formada por tintes.

Desde un punto de vista tecnológico los materiales en color de capas múltiples son de una gran complejidad. La mayoría de las emulsiones sensibles al verde y al rojo presentes en el paquete son dobles; la capa superior de ambas está formada por una emulsión de alta sensibilidad (ello aumenta su latitud de exposición) y bajo la capa de separación está presente una segunda emulsión de baja sensibilidad. Es admirable cómo la industria es capaz de conjugar los valores de grano, definición y contraste de cinco emulsiones (emulsión sensible al azul, dos emulsiones sensibles al verde y dos emulsiones sensibles al rojo) en un mismo material.

Existen otros procedimientos de color que utilizan una imagen final de tintes y que, sin embargo, tienen una alta permanencia, como son los procedimientos por destrucción de tintes (silver dye bleach process) o por transferencia de tintes (dye imbibition process). Los tintes utilizados son preformados y no cromógenos, por lo que pueden ser elegidos entre la gran variedad de tintes estables que utiliza la industria de las pinturas de exteriores, coches, etc.

Procedimientos de destrucción de tintes (Ilfochrome, anteriormente denominado Cibachrome).

A diferencia de las copias en color tradicionales, en que los tintes que forman la imagen final son sintetizados durante el revelado, los utilizados en materiales como el Ilfochrome son introducidos en cada una de las tres capas de emulsión en el proceso de su fabricación. Durante el revelado son blanqueados (catalíticamente destruidos en manera proporcional a la densidad de la plata metálica existente) y, tras la eliminación química de ésta y el fijado, permite obtener una copia positiva cuya imagen final está formada por tintes de alta estabilidad.

Procedimiento por transferencia de tintes.

Este procedimiento de copia empezó a ser utilizado en la década de los setenta del siglo XIX. Utiliza al menos tres matrices positivas (amarilla, cian y magenta) obtenidas de negativos de separación. Las matrices tienen una emulsión de gelatina capaz de absorber los tintes en proporción a la densidad de la imagen. Cada matriz permite transportar al soporte primario de la copia las sucesivas capas de tintes requeridas para formar la imagen positiva. El proceso de transferencia de tintes puede emplear casi cualquier tipo de soporte primario, siempre y cuando haya sido preacondicionado mediante la aplicación de una capa de gelatina. La firma Kodak sigue ofreciendo este servicio en sus laboratorios.

Procedimientos por difusión de tintes (dye diffusion transfer)

Están basados en las observaciones de Liesegang y son característicos de la fotografía instantánea (Polacolor 1 y 2, Polaroid SX-70 o PR-10 de Kodak).

Este grupo representa dos modos diferentes de obtener copias instantáneas en color: las de transferencia de dos hojas que hay que separar después de expuesta y revelada la película (Polacolor 1 y 2), y las de paquete integral en que la imagen se revela a plena luz (SX-70 y PR-10). En ambos casos, los colorantes están ya en la emulsión, y aquellos que no han sido expuestos se difunden hacia el soporte final formando la imagen positiva (Polacolor 1 y 2) o hacia la superficie de la copia (SX-70 y PR-10)

Procedimientos pigmentarios.

Este grupo está constituido por los procedimientos de copia que utilizan para la obtención del color una imagen final formada por pigmentos (como el UltraStable, el Polariod Permanet el Color Print, el EverColor Pigment, los carbones de tres y cuatro capas, el procedimiento Fresón cuatricromía o el carbo tricolor), y constituyen el segmento de la historia de la fotografía en color con un menor índice de deterioro. La estabilidad de los pigmentos frente a los tintes será desarrollada más adelante.

Pautas del deterioro del material fotográfico en color

Todo registro fotográfico es un artefacto complejo. Su estructura mínima requiere la presencia de un soporte primario y de una imagen final. Todos los procedimientos de color han sido realizados sobre morfologías más complicadas, y algunos, como los negativos sobre bases plásticas o materiales de difusión de tintes, son un buen ejemplo de la complejidad estructural y técnica que presentan muchos de los procesos.

Existe una no infundada sensación de que el mayor problema que presenta la fotografía en color radica en la inestabilidad de los tintes ante su exhibición o en su almacenado en oscuridad. Estadísticamente, es una apreciación correcta pero inexacta. En todo procedimiento fotográfico, el deterioro de una parte de su estructura compromete la permanencia de la totalidad del artefacto, por lo que el entendimiento del deterioro característico de cada elemento estructural resulta de vital importancia, especialmente cuando los factores que hacen que el espécimen se aleje de la perfección original, tienden a asociarse.

El entendimiento de los mecanismos del deterioro fotográfico constituye la llave de la adecuada custodia; de los límites y posibilidades de su explotación cultural; de la precisa selección de los materiales de protección directa. Permite depurar nuestra política de colección; ajustar los presupuestos; conocer qué podemos prestar y qué podemos pedir. Supone una de las piedras angulares de los mecanismos de preservación y resulta capital en la elaboración de los planes directores y de las directrices para la planificación de emergencias y de salvamento.

Estructura de los materiales fotográficos

1. Soporte primario
2. Aglutinante
3. Imagen final

Según el tipo de originales podemos además encontrar:

- soportes secundarios
- capas adhesivas
- capa de barita / dióxido de titanio (papeles galería/ papeles RC)
- barnices, elementos aportados (materiales de fotoacabado e iluminación manual)

1. Soportes primarios. A lo largo de la historia del medio, han sido utilizados múltiples materiales como soportes primarios. Los más importantes son:

- papel
- vidrio
- plásticos (nitrato de celulosa; acetato butirato de celulosa; acetato propionato de celulosa; diacetato; triacetato y poliéster)
- metal
- otros (cerámica, piel, piedra, etc.)

2. Aglutinantes. Constituyen una capa diferenciada de la morfología fotográfica. Su función es la de llevar en suspensión los corpúsculos que constituyen la imagen final. El aglutinante más

la imagen final es lo que conocemos como emulsión. En algunos manuales y artículos referidos a conservación fotográfica, se emplea el término *vehículo de la imagen final* como sinónimo de aglutinante. Los utilizados en los procedimientos fotográficos en color han sido:

- albúmina (proteína)
- gelatina (proteína)
- colodión (plástico manufacturado)

3. Imagen final. Suspendida en el aglutinante, constituye el elemento que contribuye a la formación de la imagen fotográfica mediante la absorción de luz. Las más utilizadas han sido:

- plata metálica (fotolítica / revelado físico / filamentaria)
- amalgama de mercurio y plata
- pigmentos
- tintes
- otros compuestos metálicos (sales de hierro / platino / paladio)

La imagen final de muchos procesos puede estar en combinación con otros compuestos (azufre / hierro / cobre / uranio / selenio / oro / platino) procedentes de intensificadores, reductores, viradores u otros baños de cobertura.

Deterioros en el material fotográfico de color producidos por el soporte

Soporte de vidrio

El soporte de vidrio está presente especialmente en originales de color obtenidos por la síntesis aditiva, tales como:

- procesos de visión directa (cromograma)
 - procesos de pantalla / mosaico (placas Joly; autocromos; omnicolor; etc.)
 - procesos de triple proyección (Maxwell, Prokudin-Gorsky)
- y en otros procedimientos como el proceso interferencial de Lippmann.

Muchos originales fotográficos que utilizan el vidrio como soporte primario lo utilizan además como capa protectora del proceso, es decir, el artefacto se encuentra entre dos láminas de vidrio (frecuentemente selladas por una banda de papel engomado). Esto ocurre en las transparencias para triple proyección y en muchos de los procedimientos de pantalla/ mosaico, así como en numerosos procedimientos pioneros de escasa o nula práctica comercial. El deterioro del soporte de vidrio es uno de los mecanismos que compromete de manera más importante la estabilidad de este tipo de registros.

El vidrio se obtiene de la fusión de sustancias inorgánicas. Está formado por la combinación de la sílice con potasa o sosa y pequeñas cantidades de otras bases. Es insoluble en casi todos los cuerpos conocidos y fusible a muy elevada temperatura. En la composición del vidrio están presentes, además de la sílice, fundentes y estabilizadores. Los fundentes son óxido de sodio y de potasio introducidos en el proceso de fundición para bajar la temperatura de fusión de la sílice; los estabilizadores son óxidos de calcio y manganeso que, añadidos en ciertas proporciones, buscan dotar al vidrio de mayor estabilidad química. El enfriamiento de las láminas de vidrio se produce sin la cristalización de sus componentes. La estabilidad de los soportes de vidrio viene determinada por la composición de cada tipo de vidrio durante su fabricación. En términos generales, podemos señalar que los vidrios producidos con anterioridad a 1920 son notablemente menos estables¹⁸

Los vidrios utilizados como soporte primario de la mayoría de los procedimientos fotográficos de color, están formados por silicato de sodio o silicato de sodio y potasio, que son menos estables desde un punto de vista químico que los fabricados en silicato de calcio.

Deterioro del soporte de vidrio:

¹⁸ Pavao, L. (1997): *Conservação de Coleções de Fotografia*. Dinalivro. Lisboa. p. 137.

- Lixiviación: fracturas microscópicas producidas en la superficie de la lámina de vidrio y formación de gotitas de humedad debido a la extracción de álcalis. Esta forma de deterioro viene determinada por la relación entre el agua presente en la atmósfera y el intercambio iónico producido en la superficie del vidrio. El agua intercambia uno de sus iones de hidrógeno por uno de los iones del vidrio (de potasio o de sodio). Este tipo de deterioro tiene dos consecuencias diferentes. Por un lado, el vidrio pierde parte de su capacidad estructural ya que los iones de hidrógeno son mucho más pequeños que cualquiera de los iones a los que puede reemplazar en el vidrio. Ante un exceso de humedad relativa, las moléculas de agua rellenan las cavernas dejadas por los iones de potasio o de sodio, manteniendo en parte su dureza. En climas de aridez, las microfracturas o cavernas dejadas por los iones de sodio o potasio quedan vacías, tornándose las placas de vidrio mucho más quebradizas. Por otro lado, el vidrio forma depósitos de sales alcalinas, las cuales reaccionan con los gases ácidos para formar sales alcalinas muy poco solubles. Esta alcalinidad de los depósitos puede atacar la estructura del vidrio y hacer que éste se disuelva. Estas sales son además higroscópicas, por lo que pueden causar la aparición de diminutas gotitas de humedad (soluciones salinas de alta concentración) en la superficie del vidrio (frecuentemente este fenómeno es referido como “vidrio sudado”).

En la mayoría de los casos, la lixiviación se produce en la cara del vidrio que recibe la emulsión, lo que provoca su pérdida de adherencia con el soporte.

- Devitrificación: formación de cristales en el interior de las hojas durante la producción del vidrio

Los deterioros producidos en el soporte de vidrio comprometen cuanto menos la operatividad del artefacto desde el punto de vista de su explotación cultural, ya que el vidrio pierde su brillo y su transparencia, llegando en algunos casos a ser completamente translúcido. Desgraciadamente, en la mayoría de los casos, el deterioro del vidrio alcanza cotas que suponen el deterioro de la emulsión, produciéndose exceso de alcalinidad, pérdida parcial de adherencia, flecos, grietas, separación completa de la emulsión.

Soporte de papel

Desde el punto de vista estadístico, la mayoría de los procedimientos fotográficos en color que utilizan un soporte primario de papel, está constituida por las copias fotográficas en color (actualmente RC) utilizadas para copiar negativos cromógenos. Aunque no debemos olvidar que existen otros procedimientos, como son los carbones de tres y cuatro capas, el procedimiento Fresón cuatricromía, el carbo tricolor, Polaroid Permanet Color Print o EverColor Pigment, que pueden utilizar soportes primarios de papel con otra procedencia.

- papeles RC (plásticos)
- otros papeles

Papeles RC (Resin Coated)

Los papeles plásticos fueron introducidos en el mercado en la década de los 70. Fueron diseñados para acortar los tiempos de procesado de los laboratorios fotográficos. La capa de papel utilizada como soporte primario en este tipo de copias está recubierta por ambas caras de un película de polietileno. Para sustituir la capa de barita de los papeles convencionales (utilizada para aumentar el brillo y el contraste de los papeles galería) se utiliza una capa de dióxido de titanio, que es también protegida por la lámina superior de polietileno. Esta protección plástica convierte en virtualmente impermeable la capa de papel, lo que reduce los tiempos de lavado y el riesgo de deterioros químicos (la química residual del procesado no queda retenida en las fibras de papel).

Deterioro del soporte de papel plástico (RC):

Los deterioros de la primera generación de papeles plásticos, tenían dos orígenes diferenciados: la frecuente delaminación del soporte primario, especialmente en las esquinas, que en algunos casos comprometía la integridad del registro y los producidos por la capa de dióxido de titanio, que tendía a un alarmante agrietamiento al reaccionar con la luz. La introducción de cambios en la manufactura hizo que los papeles plásticos fabricados por los más importantes productores sean hoy muy estables. En la actualidad, casi la totalidad de los procedimientos cromógenos de copia utilizan este tipo de papel.

Otros papeles

Las primeras copias cromógenas puestas en el mercado por la industria utilizaban como soporte primario el papel baritado (papel de pasta química altamente purificada con una capa de sulfato de bario aglutinado con gelatina). Estos papeles empezaron a utilizarse en la década de los 80 del siglo XIX.

Deterioro del soporte de papel baritado.

Los deterioros de este tipo de materiales están asociados a su capacidad para retener en la estructura de las fibras la química residual del procesado. La larga experiencia en el uso de este tipo de soporte permite precisar que, ante un correcto procesado, no presenta problemas de permanencia.

Los procedimientos de copia de color que utilizan pigmentos como imagen final, y otros como los de transferencia de tintes pueden presentarse sobre cualquier tipo de papel de alta calidad.

Soporte de plástico

Algunos procedimientos obtenidos por la síntesis aditiva, y la mayoría de los negativos y transparencias obtenidos por la síntesis sustractiva utilizan plástico como soporte primario de los registros: algunos procedimientos de copia, como los utilizados por Kodak para positivar los primeros Kodachrome, utilizaron acetato como soporte (en la actualidad las copias por el procedimiento UltraStable mantienen la utilización del acetato y el Archival Color utilizó, en 1980, polipropileno. El Color Proofing de Polaroid usó, durante su tiempo de producción, poliéster); la mayoría de los papeles de copia en color utilizan polietileno para revestir y aislar la capa de papel; muchos de los elementos de protección directa utilizados en fotografía están desarrollados en plásticos (polietileno, polipropileno y poliéster).

Los tipos de plásticos más comunes utilizados por la industria fotográfica como soporte primario son¹⁹:

1889 a 1950:	Nitrato de celulosa.
1924 a 1950:	Diacetato de celulosa.
1930 a 1940:	Acetato-propionato de celulosa.
1935 hasta hoy:	Acetato-butirato de celulosa.
1949 hasta hoy:	Triacetato de celulosa.
1955 hasta hoy:	Poliéster.

Otros soportes utilizados, especialmente en la industria de artes gráficas, están realizados sobre cloruro de polivinilo o sobre bases de policarbonato.

Deterioros de los soportes plásticos:

Hidrólisis ácida: todos los plásticos absorben agua en mayor o menor medida y la descomposición de cualquier plástico formulado en celulosa produce ácidos. Cuando el nivel

¹⁹ Idem. p. 145

de ácido libre presente en el soporte alcanza determinados valores, la reacción pasa a ser autocatalítica (el agua se consume en la reacción y deja mayores valores de ácido remanente). En todos los plásticos formulados sobre cadenas de celulosa, el deterioro es producido por la misma reacción; la diferencia la establece el tipo de ácido que se genera. En el caso de la hidrólisis ácida del acetato, el ácido producido es el acético, que tiene un bajo poder oxidante y compromete poco las imágenes finales argénteas. En el caso de los soportes primarios de nitrato, el ácido producido es ácido nítrico, cuya capacidad de deterioro compromete no sólo la estructura completa del registro sino también a las formas de protección directa, a muebles, archivadores y muy especialmente, al resto de piezas que compongan la colección. Los niveles de humedad relativa deben ser estrictamente controlados en los depósitos que alberguen soportes primarios formulados en cualquier cadena de celulosa, muy especialmente en el caso de los nitratos.

La migración de los plastificadores: dificulta o impide el uso de los materiales. Los plastificadores son añadidos a este tipo de soportes para retardar la posible combustión y para aumentar su estabilidad dimensional. Los plastificadores compuestos de trifenil fosfato exhudan cristales en forma de agujas, los formulados con dimetoxietil ftalato producen tampones que contiene ácido acético.

Las distorsiones en la estabilidad dimensional: constituyen otro serio problema. Sus manifestaciones son muy variadas y dependen de la composición de las bases, las más frecuentes son: alabeo de los bordes de las películas, encogimiento severo (hasta un 10% de la superficie del original), formación de canales en la superficie del artefacto, fragilidad de la base, pérdida de flexibilidad, etc.

Otros deterioros asociados a las bases plásticas son la deacetilización (los grupos de acetyl son eliminados de las cadenas de celulosa y se produce ácido acético) y la depolimerización (rotura de las cadenas moleculares que genera una pérdida de las propiedades mecánicas del material)

Aglutinantes

Todos los procedimientos de color (excepción hecha de los hillotipos) presentan en su estructura algún tipo de aglutinante. Los más importantes utilizados en la fotografía en color son:

- albúmina (presente en procedimientos como las placas Lippmann)
- colodión (presente en procedimientos como procesos de triple proyección pioneros, después fue sustituido por la gelatina)
- gelatina (presente en la casi totalidad de procedimientos obtenidos por síntesis sustractiva y en muchos de los procedimientos de síntesis aditiva, como autocromos, etc.)

El deterioro del aglutinante compromete de manera directa al artefacto, ya que lleva en suspensión los corpúsculos que conforman la imagen final.

Albúmina.

Es un aglutinante de origen proteínico obtenido de la clara de huevo. Se obtiene tras batir las claras a punto de nieve. Su uso en los procesos de color es muy reducido.

Colodión.

Es un plástico manufacturado obtenido al tratar el algodón con ácidos nítrico y sulfúrico cuyo resultado es disuelto posteriormente en alcohol o en éter.

Deterioros del aglutinante de colodión:

Los deterioros más característicos de este aglutinante son:

- Pequeños agujeros en la emulsión, debidos normalmente a la presencia de polvo en la superficie de la placa antes de su emulsionado.
- Flecós y / o roturas en la emulsión, producidos por una incorrecta formulación en la que se ha utilizado un exceso de alcohol.
- Pérdida de la adherencia de la emulsión de colodión a la superficie del soporte primario, causado por un mal lavado del vidrio.
- Reticulado de la emulsión, debido al uso de alcohol impuro ó éter contaminado con agua o el uso de colodión demasiado gelificado.
- Descomposición de la emulsión por el deterioro de la nitrocelulosa, que puede generar óxido nítrico y óxido de nitrógeno que, ante la presencia de agua produce ácido nítrico, el cual puede degradar seriamente la emulsión.
- Agrietado del barniz cuando este es aplicado demasiado caliente.

Gelatina.

La gelatina es el aglutinante más utilizado en la historia de la fotografía, y por ello, el más común en los procedimientos de color. Obtenida a partir de huesos y tendones de animales y posteriormente altamente purificada.

Deterioros del aglutinante de gelatina

- Tiene una gran capacidad para reaccionar ante la presencia o ausencia de agua en el aire, produciéndose en ambos casos notables cambios en su estabilidad dimensional. Ante un exceso de agua en el aire de los depósitos, la gelatina tiende a hincharse y tornarse pegajosa, adhiriéndose a los elementos de protección directa o a los materiales con los que se halla en contacto. En parámetros de aridez, la gelatina cede agua al aire y tiende a encogerse, pudiendo llegar a producirse una pérdida de adherencia con el soporte primario, lo que genera rasgaduras, grietas, pérdidas de emulsión (y de imagen final).
- Al ser un aglutinante de carácter proteínico, es especialmente proclive a las distintas formas de deterioro biológico: al daño causado por la alimentación de insectos y al producido por la proliferación de colonias de microorganismos (en este caso, las emulsiones de gelatina tienden a hacerse solubles). Otras pautas de deterioro son las producidas por la exposición a gases oxidantes, que lleva a la gelatina a licuarse a temperatura ambiente, y las producidas por la prolongada exposición a la luz, que producen en la gelatina un característico amarilleamiento y una marcada tendencia a su desintegración.

Imagen final.

La fotografía en color contemporánea está construida fundamentalmente sobre tintes, siendo su estabilidad el debate más común. Pero a lo largo de la historia se han utilizado otros materiales, algunos de ellos más estables. Las formas más habituales de imagen final están constituidas por:

- plata
- pigmentos
- tintes

Plata.

La plata metálica constituye la imagen final de muchos de los procedimientos fotográficos en color como las transparencias para triple proyección, los procedimientos de pantalla/ mosaico, las placas interferenciales, etc., y está presente en los procedimientos de revelado cromógeno (diapositivas por proceso E-6, negativos por proceso C-41, Kodachrome y la mayoría de las copias en color) hasta su blanqueo químico.

Deterioros de la imagen final de plata

Los mecanismos de deterioro de la plata metálica tienen dos orígenes claramente diferenciados: los producidos por un incorrecto procesado (residuos procedentes de la génesis química de la imagen) y los motivados por parámetros medioambientales.

- La sulfuración de la plata es una de las formas más activas del deterioro de los materiales fotográficos argénteos. Básicamente, se refiere a la reacción producida entre el azufre y la plata, que se combinan para formar sulfuro de plata. Esta reacción puede deberse a causas atmosféricas o al azufre presente en la emulsión, procedente de residuos químicos del procesado. Esta pauta de deterioro pueden producirla un lavado deficiente o una permanencia insuficiente de los negativos en el baño fijador y/o agotamiento de la actividad química de éste. La sulfuración de la plata sigue patrones diferentes según sea el origen: Si está causada por presencia del tiosulfato de sodio (el fijador) como consecuencia de un lavado insuficiente, la plata presente en las luces altas es atacada primero, produciendo un amarilleamiento y una tendencia a la pérdida de densidad y al borrado. La plata presente en los tonos medios y las sombras pasa de un tono neutro a un tono amarillo verdoso. Si la causa es la sulfuración producida por un deficiente procesado o un baño de fijado agotado, en las zonas sin imagen se producen manchas de color marrón o amarillo, consecuencia de la descomposición del tiosulfato de plata (el tiosulfato de sodio reacciona con las sales de plata no expuestas y no reducidas). En las zonas medias y en las sombras se produce un amarilleamiento y una pérdida de densidad.
- La oxidación-reducción es un deterioro característico de aquellos procesos fotográficos cuya imagen final está compuesta de plata albergada en una emulsión. Debido a diversos factores (medioambientales, pinturas al aceite, maquinaria pesada eléctrica, cartones de baja calidad, etc.) los átomos de plata metálica pierden un electrón y se oxidan, liberando iones (formas altamente reactivas) que se caracterizan por su movilidad y su no contribución a la formación de la imagen, al no ser capaces de absorber la luz. Su tendencia migratoria hace que se desplacen por la emulsión hasta que, producida la reducción (ganancia del electrón, que generalmente se lleva a cabo en la superficie de la emulsión), vuelven a contribuir a la formación de imagen pero con un cambio en su naturaleza (plata elemental), con una disminución en la cantidad total de plata metálica y una redistribución física en la ubicación, lo cual puede producir un cambio de tono y una pérdida de la densidad general del registro. Este deterioro afecta de manera más severa a aquellos procedimientos fotográficos cuyas partículas de plata son de menor tamaño, las formadas en plata fotolítica y plata de revelado físico.

En los procedimientos de color en los que la emulsión se encuentra protegida por una capa de barniz (autocromos, placas Joly...) el deterioro oxidación-reductor no suele tener lugar o se produce de manera notablemente más lenta.

Pigmentos.

Los procedimientos de color cuya imagen final está constituida por pigmentos son los que presentan un menor índice de deterioros y una mayor esperanza de vida. La procedencia de los pigmentos es fundamentalmente mineral, suelen ser insolubles, opacos y muy estables frente a la luz, el calor y otras fuentes de energía. No son sensibles a los mecanismos de deterioro oxidación-reductor.

Los procedimientos de fotografía en color considerados de alta permanencia, como el UltraStable, el Polaroid Permanet Color Print, el EverColor Pigment, los carbones de tres y cuatro capas, el procedimiento Fresón cuatricromía o el carbo tricolor utilizan pigmentos como imagen final. La amplia variedad de pigmentos desarrollados por la industria en áreas como las pinturas para coches y barcos ha permitido seleccionar para uso fotográfico pigmentos con una gran exactitud en el grado de color (matiz, saturación, etc) y una gran resistencia al desvanecimiento, tanto a plena luz como en su custodia y almacenamiento en la oscuridad.

Deterioros de la imagen final pigmentaria

Como Doug Nishimura suele decir en sus clases en el RIT/ IPI, en general, con las imágenes pigmentarias, si se presenta algún deterioro, busca la causa en el aglutinante o en el soporte primario.

Tintes.

Constituyen la imagen final de la mayoría de procedimientos de color en uso. A diferencia de los pigmentos, su procedencia es orgánica y tienen una estabilidad crítica (dramática en muchos casos) ante los deterioros que en ellos produce la ausencia o presencia de luz, el calor y la humedad relativa.

Es necesario establecer diferencias entre los dos grandes grupos de tintes:

Tintes cromógenos: Constituyen la imagen final de la mayor parte de los materiales de color de uso masivo. Las diapositivas para proceso E-6, los negativos en color para proceso C-41 y casi todas las copias en color utilizan este tipo de tintes procesados (RA-4, R-3, EP-2). Su característica principal es que se forman durante el revelado por la reacción que se establece entre los acopladores de color y los subproductos de aquel. Esta relación de dependencia limita el tipo de tintes que pueden ser usados y, por lo general, no son aptos los más estables. Además, tras el procesamiento de los materiales, quedan en la emulsión de manera residual aquellos acopladores de color que no han reaccionado, lo cual limita la permanencia de los registros.

Tintes preformados: Son característicos de procedimientos como el de destrucción de tintes o de los de transferencia de tintes. Los tintes no son formados durante el proceso de revelado; están y son destruidos selectivamente, como en el caso del Ilforchrome (llamado antes Cibachrome) o son depositados sobre el soporte final, como en el caso de los procesos de transferencia. Esto permite elegir los tintes entre un abanico mucho más amplio y con una probada estabilidad ante los desvanecimientos que se producen por exposición a la luz o durante la custodia en oscuridad.

Deterioros de la imagen final formada por tintes

- **Manchado:** Muchas de las copias fotográficas en color desarrollan con el tiempo manchas amarillas o marrones, que suelen empezar en las zonas de luces y áreas de poca densidad y, frecuentemente se extienden hasta afectar a la totalidad de la copia. Pueden producirse tanto en materiales expuestos a la luz (pese a que la casi totalidad de las copias en color actuales están dotadas de una capa de recubrimiento que absorbe la radiación UV) como en los custodiados en oscuridad. El origen de dichas manchas se encuentra en los acopladores de color presentes en la emulsión que no reaccionaron por encontrarse en áreas que no recibieron la luz durante la exposición. Según refiere H Wilhelm²⁰ *“con los papeles Ektacolor de Kodak disponibles cuando el libro entró en prensa en 1992, el amarilleamiento de las copias almacenadas en la oscuridad -causado fundamentalmente por la decoloración de los acopladores magenta inicialmente incoloros que quedan en la copia tras el procesado— era un problema más grave que el propio desvanecimiento de los tintes en la oscuridad.”*
- **Desvanecimiento en oscuridad:** esta forma de deterioro constituye una auténtica pesadilla para los archiveros y custodios, ya que en los parámetros de custodia habituales los originales fotográficos son protegidos en cajas y armarios y, por supuesto, la luz de los depósitos permanece apagada cuando nadie trabaja en ellos. En muchos de nuestros archivos el problema se ve incrementado por la frecuencia con la que el material custodiado está compuesto por copias que carecen del negativo (como ocurre con archivos vinculados a instituciones que reciben gran cantidad de

²⁰ Wilhelm, H. (1993): *The Permanence and Care of Color Photographs. Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides and Motion Pictures.* (With contributing author: Carol Brower). Preservation Publishing Company. Grinnell, Iowa. p. 22.

copias de protocolo de muy distinta procedencia). Los tintes utilizados en copias cromógenas son inestables en la oscuridad; de ellos el tinte cian es el que presenta una mayor inestabilidad; tiende literalmente a desaparecer, desequilibrando el contenido de color de los registros. Las copias toman una dominante amarilla o rojiza al producirse una pérdida en los valores de azul y de verde. H Wilhelm²¹ refiere, en el Capítulo 1 de su libro, dos ejemplos dramáticos de la pérdida patrimonial producida por la inestabilidad de los tintes, el subtítulo del párrafo que traduzco a continuación es de todo punto revelador:

Pérdida total de la Era Kodacolor de 1942-1953

“El hecho de que tanto las copias como las películas Kodacolor fueran bastante menos estables que las de Kodachrome –y que las copias y películas en blanco y negro- no disuadió a Kodak para introducir en el mercado de un público ignorante estos productos. A los consumidores que tomaron la desgraciada decisión de utilizar Kodacolor no les queda nada sino negativos desvanecidos e imposibles de positivar, y copias gravemente manchadas o decoloradas. De hecho, el que escribe, no sabe de una sola copia Kodacolor tomada entre 1942 y 1953 (el año que Kodak consiguió reducir significativamente el problema de las manchas) que sobreviva hoy en un estado razonable; todas se han desvanecidos y desarrollado un feo tono naranja o amarillo, tanto si fueron expuestos a la luz como si se almacenaron en álbumes. La decoloración ha sido causada por los inestables acopladores de color para formar el tinte magenta que quedan en la copia tras el procesado. Estos cientos de millones, quizá billones, de copias y negativos Kodacolor representan la pérdida de la primera gran era de la fotografía en color.”

En el mismo capítulo podemos encontrar otro inquietante subtítulo: *El peor papel en color de los tiempos modernos: AGFACOLOR TIPO 4 (1974-1982)*²², donde analiza el daño económico producido a los laboratorios y consumidores (nosotros podemos mensurarlo en mutilación patrimonial), ocasionado por un material de copia distribuido de manera mundial y cuya esperanza de vida, custodiado en oscuridad, no alcanzó los 6 años.

- Desvanecimiento provocado por la luz: uno de los universales de la conservación fotográfica es limitar la exposición a la luz de los originales. Entre los términos acuñados en la nómina de deterioros está el de borrado fotoquímico, que refiere al daño producido por la luz al desvanecer los registros fotográficos. Jim Reilly, Director del IPI (Image Permanence Institute Rochester, N.Y.), afirmaba en sus clases que “la cantidad de luz que puede recibir una fotografía es como el límite en una tarjeta de crédito, de nosotros depende administrarlo para que dure o gastarlo todo de una vez”. Conviene recordar que la restauración por procedimientos químicos de fotografías cuyos tintes se han desvanecido no es hoy posible, por lo que debemos administrar cuidadosamente la reserva de imagen final, especialmente si esta está formada por tintes. Pese a que la mayoría de los papeles de copia y de las películas fotográficas en color están tratados con una capa que absorbe la radiación ultravioleta, el desvanecimiento a causa de la luz sigue siendo uno de los factores más críticos de los materiales cromógenos. Todos los tintes son susceptibles de ser desvanecidos ante parámetros determinados de iluminación, no obstante, el magenta es el menos estable de los tintes de color. Las copias afectadas por este desvanecimiento presentan una dominancia cian, amarilla o verdosa, y una escasa o nula cantidad de magentas y rojos. La intensidad y la velocidad con la que se produce el desvanecimiento por iluminación depende de la intensidad y del tipo de la fuente de iluminación y del tiempo de insolación al que estén sometidos los originales. Las lámparas fluorescentes afectan a los materiales de manera más rápida y más intensa que las lámparas de tungsteno. En los proyectores de diapositivas, el índice de desvanecimiento lo establece también la combinación de la intensidad de la iluminación y el tipo de luz, por lo que es aconsejable elegir cuidadosamente el tipo de diapositiva (Ektachrome, Fujichrome, etc.), someterlas a períodos muy cortos de insolación y, si son originales proyectados de manera muy frecuente, tener un juego de seguridad. Las pruebas llevadas a cabo

²¹ Idem. pp. 23-24

²² Idem. pp. 28-29

por H. Wilhelm sobre el desvanecimiento de las transparencias por proyección, arrojan datos incontestables²³, la mayoría de las marcas presentes en el mercado alcanza el punto crítico de desvanecimiento en que han acumulado muy pocas horas de proyección; Fujichrome 5 horas, Fujichrome Velvia 4 horas, Kodak Ektachrome 2 horas y media, Kodachrome 1 hora.

- Cambio de color: este deterioro está directamente relacionado con los desvanecimientos anteriormente referidos. La pérdida de la densidad original de los distintos tintes no se produce por igual. Como hemos visto, el tinte cian es el que menos permanencia tiene en la oscuridad y el magenta, ante la luz. La pérdida de densidad de uno o más tintes implica un desajuste en el balance de color y, por ello, la presencia de indeseadas dominantes.
- *Printout*: aumentos en la densidad mínima producidos por la luz. Por tanto, el printout de un acoplador es un aumento en las áreas de mínima densidad de una fotografía producido por la interacción de la luz con los acopladores de color.

El desvanecimiento de los tintes es proporcional a la densidad de la copia original. Registros en claves altas tienden a desvanecerse antes que los originales en clave baja, que tienen una mayor reserva de imagen final.

Las fotografías custodiadas en oscuridad que pasan a ser exhibidas, acumulan los dos tipos de desvanecimiento, como demuestran las fotografías en color que decoran las casas, donde los ciclos de luz y oscuridad son constantes. Su deterioro demuestra la pérdida combinada de los tintes cian y magenta.

Barnices

La presencia de barnices no es infrecuente en los procedimientos de color. Algunos procesos, como aquellos que utilizan el colodión como aglutinante y muchos de los procedimientos de pantalla mosaico (en el caso de los autocromos hay tres capas de barniz de distinta procedencia, claramente diferenciadas) utilizan barnices para proteger los registros. Algunas copias fotográficas reciben gruesos depósitos de barniz en un intento grosero de evocar técnicas pictóricas.

Deterioros del barniz

Los más frecuentes son los asociados a la exposición a la luz (oxidación, que produce amarilleamiento) y los asociados a cambios dimensionales, que producen craquelados en la superficie, lo que supone una pérdida localizada de su función protectora al permitir el paso de gases oxidantes, humedad, etc.

Elementos aportados y fotoacabado

A lo largo de la historia, la industria fotográfica ha puesto en el mercado una gran cantidad de materiales destinados a iluminar y retocar originales, sistemas de supuesta protección como lacas y laminados plásticos, elementos de montaje en frío y en caliente. Este tipo de industria recibe el nombre de fotoacabado. La mayoría de la literatura sobre conservación desaconseja cualquier tipo de intervención sobre materiales en color desde las técnicas de fotoacabado. Cuando el retoque resulte imprescindible conviene seguir las instrucciones suministradas en la página referente a los límites de la restauración.

²³ Idem. p. 629

Relación entre la estructura morfológica y los deterioros asociables

Transparencias para triple proyección

Soporte: Vidrio
Aglutinante: Colodión húmedo/ Gelatina
Imagen final: Plata de revelado físico/ filamentaria

- Deterioros asociados a su estructura: sulfuración de la imagen final; oxido-reducción de la imagen final; pérdida de densidad; agrietamiento del aglutinante por la luz y/o el calor; oxidación del aglutinante; ataques biológicos en el aglutinante (hongos); lixiviación del soporte de vidrio; roturas, pérdidas de soporte, aglutinante e imagen final; devitrificación; oxidación del barniz (colodión húmedo); deterioros de carácter mecánico asociados a la proyección.

Procedimientos de pantalla

Soporte: Vidrio. Plástico en algunos casos.
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Plata filamentaria

- Deterioros asociados a su estructura: sulfuración de la imagen final; oxido-reducción de la imagen final; manchas; pérdida de densidad; decoloración de los tintes; migración de los tintes; agrietamiento del aglutinante por la luz y/o el calor; oxidación del aglutinante; ataques biológicos en el aglutinante (hongos); lixiviación del soporte de vidrio; roturas, pérdidas de soporte, aglutinante e imagen final; devitrificación; oxidación de las distintas capas de barniz; los asociados a los soportes de plástico.

La mayoría de estos procedimientos eran sellados con una banda de papel engomado. Los especímenes que han perdido la protección del sello son más proclives a la decoloración y migración de los tintes.

Copias cromógenas

Soporte: Papel, mayoritariamente plástico. Baritado
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Tintes

- Deterioros asociados a su estructura: manchado por los acopladores residuales (generalmente manchas de color amarillo); desvanecimiento ante la luz; desvanecimiento en oscuridad (según las marcas comerciales puede ser casi completo); cambio de color; pérdida de densidad; agrietamiento del aglutinante por la luz y/o el calor; oxidación del aglutinante; adherencia del aglutinante a los materiales de protección directa por exceso de humedad o resquebrajamiento por exceso de aridez; depósitos; ataques biológicos en el aglutinante (hongos, insectos, roedores)

Copias por destrucción de tintes

Soporte: Papel mayoritariamente. Plástico. Poliéster.
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Tintes

- Deterioros asociados a su estructura: leve desvanecimiento ante la luz; agrietamiento del aglutinante por la luz y/o el calor; oxidación del aglutinante; adherencia del aglutinante a los materiales de protección directa por exceso de humedad o

resquebrajamiento por exceso de aridez; depósitos; ataques biológicos en el aglutinante (hongos, insectos, roedores); deterioros mecánicos (las copias Ilforchrome son muy sensibles a los arañazos y erosiones)

Copias por transferencia de tintes

Soporte: Papel
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Tintes

- Deterioros asociados a su estructura: leve desvanecimiento ante la luz; agrietamiento del aglutinante en las áreas de sombras (donde el depósito de gelatina es mayor); oxidación del aglutinante; adherencia del aglutinante a los materiales de protección directa por exceso de humedad o resquebrajamiento por exceso de aridez; ataques biológicos en el aglutinante (hongos, insectos, roedores); acidificación del papel por el ácido acético residual.

Copias por procedimientos pigmentarios

Soporte: Papel (algunos utilizan plásticos como acetato, poliéster, polipropileno)
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Pigmentos

- Deterioros asociados a su estructura: oxidación del aglutinante; adherencia del aglutinante a los materiales de protección directa por exceso de humedad o resquebrajamiento por exceso de aridez; agrietamiento del aglutinante en las áreas de sombras, ataques biológicos en el aglutinante (hongos, insectos, roedores). En el caso de los procedimientos pigmentarios que utilizan plástico como soporte primario hay que contemplar la posibilidad de que se produzcan deterioros asociados a su formulación (hidrólisis ácida, exudación de plastificadores, etc.)

Negativos cromógenos

Soporte: Plástico (acetato butirato de celulosa, triacetato, poliéster)
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Tintes

- Deterioros asociados a su estructura: desvanecimiento en oscuridad; desvanecimiento del tinte amarillo catalizado por ácidos, especialmente en conjunción con el deterioro del soporte de acetato; oxidación del aglutinante; adherencia del aglutinante a los materiales de protección directa por exceso de humedad o resquebrajamiento por exceso de aridez; depósitos; ataques biológicos en el aglutinante (hongos, insectos, roedores); deterioros de carácter mecánico asociados a labores de ampliación; deterioros relacionados con los soportes secundarios en función de su composición, como encogimiento de la base, pérdida de estabilidad dimensional, etc.

Diapositivas

Soporte: Plástico (acetato butirato de celulosa, triacetato, poliéster)
Aglutinante: Gelatina
Imagen final: Tintes

- Deterioros asociados a su estructura: desvanecimiento en oscuridad; desvanecimiento producido por la proyección, mesas de luz, etc; desvanecimiento del tinte amarillo catalizado por ácidos, especialmente en conjunción con el deterioro del soporte de acetato; oxidación del aglutinante; adherencia del aglutinante a los materiales de protección directa por exceso de humedad o resquebrajamiento por exceso de aridez; depósitos; ataques biológicos en el aglutinante (hongos, insectos, roedores); deterioros de carácter mecánico asociados a labores de proyección; deterioros relacionados con

los soportes secundarios en función de su composición, como hidrólisis ácida, encogimiento de la base, pérdida de estabilidad dimensional, etc.

CUSTODIA DE LOS MATERIALES EN COLOR

La estrategia de almacenamiento de los materiales en color debe ser contemplada desde tres puntos de vista:

- materiales adecuados para la protección directa de los originales
- cajas
- medidas medioambientales

Los materiales de protección directa son aquellos que se encuentran en contacto con los originales. En este grupo están incluidos los soportes secundarios, los sobres y las fundas. En la elección de la composición y del diseño de los materiales resulta capital tener en consideración cuatro importantes factores:

- morfología del material a proteger
- estado de conservación de los originales
- medidas medioambientales de los depósitos y salas de archivo
- su recuperación y uso

La relación entre el material a proteger, su estado de conservación y las medidas de control de clima, requieren una especial atención, ya que limitan o amplían la selección de materiales que pueden ser utilizados con garantía.

Materiales sobre soporte de vidrio

Si el acceso se lleva a cabo por procedimientos complementarios como la conversión digital o copias de estudio:

- sobres de bolsillo; sobres de tres o cuatro solapas realizados en papel sin reserva alcalina²⁴ calidad de archivo²⁵. Deben estar confeccionados con un porcentaje no inferior al 87% de alfa-celulosa, estar libres de restos de lignino, azufre o peróxidos, alumbre, o apresto de colofonia.

Si el acceso requiere la consulta de los originales y el control de clima se adecua a los parámetros recomendados:

- fundas de poliéster sin recubrir; polipropileno sin recubrir y polietileno de baja densidad.
- Los originales de formato hasta 18 X 24 cm. pueden almacenarse en cajas de archivo de cartón que reúnan los requisitos de archivo, albergados de manera vertical y sobre el lado más corto. Las placas con un formato superior deben ser albergadas de manera horizontal. No se deben alojar especímenes fotográficos en las cajas originales con las que son puestos en el mercado antes de su exposición y procesado; los materiales

²⁴ La reserva o tampón alcalino hace referencia a aquellos materiales de protección directa a los que se le han añadido en su fabricación un 2% de carbonato cálcico y que presentan un pH (7.0-8.5). Estas barreras alcalinas se utilizan para reubicar materiales acidificados o cuyos deterioros tienen una tendencia a la acidez.

²⁵ Los materiales que van a tener un contacto directo con los registros deberán cumplir las normas establecidas por el ANSI (American National Standards Institute) IT9.2-1991 y haber pasado el P.A.T. (Photographic Activity Test) que se lleva a cabo en laboratorios especializados como el I.P.I. (Image Permanence Institute. Rochester N.Y.) Estas certificaciones son la mejor garantía de que los sistemas de protección son inertes. Algunos fabricantes comercializan productos con el sello "Acid Free" o "Archival" que, pese a ser libres de ácido, pueden contener lignino, plastificadores, compuestos de azufre, tintes u otros aditivos que pueden agredir seriamente a los registros fotográficos en ellos ubicados

empleados en su fabricación no cumplen los requisitos químicos de almacenado a largo plazo, pese a que ofrecen una adecuada protección ante los deterioros de carácter mecánico.

Transparencias y negativos realizados sobre soporte plástico

Las diapositivas y realizados sobre película continua (rollos de 35mm., 120/ 220.) pueden estar presentes en la colección montadas en marquitos individuales, cortadas en tiras o en rollos sin cortar. Las transparencias realizadas sobre película en hojas de 9 X 12 cm. pueden estar montadas en marquitos de cartón, las obtenidas sobre formatos superiores suelen carecer de esta protección.

Transparencias en marquitos

- hojas de archivo polipropileno sin recubrir, poliéster sin recubrir y polietileno de baja densidad.
- cajas de cartón calidad archivo diseñadas a tal efecto.

La mayoría de las hojas para archivado de diapositivas vienen preparadas para ser agrupadas en carpetas de anillas y también para ser archivadas colgadas de manera vertical, en mobiliario diseñado para tal efecto.

Los marquitos de cartón y los de plástico empleados por los principales fabricantes, son estables y no contribuyen al deterioro de los originales. Los marquitos con doble lámina de vidrio son una adecuada protección para prevenir los riesgos de deterioros mecánicos, pero no reducen los riesgos de desvanecimiento por proyección.

Transparencias y negativos cortados en tiras o en rollos sin cortar

En la mayoría de los casos los laboratorios de procesado utilizan para este fin tubos de polipropileno sellados por calor. Su estabilidad es correcta pero tienden a perder el sellado y separarse si los originales son extraídos con frecuencia. Los rollos enfundados sin cortar presentan problemas de almacenado; la tendencia más normal es la de enrollarlos en pequeñas bobinas que producen a la larga severos deterioros de planitud. Lo más recomendable es cortarlos a la medida de las hojas de archivo o de las fundas. Las formas de protección adecuadas para este tipo de originales son:

- hojas de archivo polipropileno sin recubrir, poliéster sin recubrir y polietileno de baja densidad.
- fundas de polipropileno sin recubrir, polietileno de baja densidad con solapa plegada.

En este caso puede completarse la protección mediante el agrupamiento de las tiras procedentes del mismo rollo en un sobre de papel calidad archivo.

Transparencias y negativos de película en hojas

Las fundas suministradas por los laboratorios como protección de este tipo de materiales suelen ser de polipropileno, acetato o de triacetato de celulosa. Los riesgos de deterioro ya referido que comportan, tanto el acetato como el triacetato, desaconsejan su uso. No es infrecuente recibir las transparencias y negativos de película en hojas, en fundas especiales que presentan una cara transparente y la otra traslúcida, para permitir su observación mediante una luz transmitida más difusa. La cara mate de este tipo de fundas suele estar realizada en plástico de polivinilo clorado (PVC) con baja cantidad de plastificadores. Estas fundas no son adecuadas para un almacenamiento a largo plazo.

- Las formas de protección recomendadas son las mismas que para las transparencias y negativos cortados en tiras o en rollos sin cortar.

Es muy importante reducir los tiempos de exposición a la luz de negativos y transparencias cromógenas. Hay que controlar rigurosamente las labores de edición y

clasificación en las mesas de luz y en visores de retroiluminación, para disminuir el riesgo de desvanecimiento y cambio de color de los materiales reseñados.

Los depósitos y salas de archivo con problemas de humedad relativa alta deberán analizar los riesgos que comporta el uso de materiales plásticos como forma de protección directa.

Copias fotográficas

Básicamente las copias fotográficas en color requieren el mismo nivel de protección que las procesadas en blanco y negro. Resulta muy recomendable que sean enfundadas individualmente en poliéster, polietileno o polipropileno. Los materiales ya enfundados deben ser protegidos en cajas normalizadas formuladas adecuadamente. Los originales de mayor formato requieren, para evitar los riesgos propios de deterioros de carácter mecánico, la protección de un soporte secundario de cartón (calidad archivo) dentro de la misma funda. Los originales de autor y los de gran formato pueden ir montados en passe-partouts y guardados en planeras.

Materiales desaconsejados para proteger originales en color:

- papeles que no reúnan los requisitos de calidad de archivo, muy especialmente los sobres con que los laboratorios entregan el material de aficionado y los álbumes con hojas conocidas como magnéticas.
- cajas originales de cartón en las que vienen protegidos los materiales fotosensibles antes de su utilización.
- fundas y hojas realizadas en plástico de polivinilo clorado (PVC), polietileno de baja densidad, acetato y triacetato de celulosa, poliéster mate y polipropileno de superficie tratada.
- fundas y hojas realizadas en glasina.

Para la protección directa de los materiales cromógenos está desaconsejado el uso de sobres y papeles con reserva alcalina.

Para aquellos materiales en color cuyo deterioro augura pocas posibilidades de permanencia, se recomienda el proceso de separación de color para obtener un registro que sustituya los tintes inestables por plata metálica.

Si las fluctuaciones en la humedad relativa exceden los parámetros recomendados, deben evitarse los materiales de protección plásticos y plantearse el uso de sobres de papel. Cuando los ciclos de humedad relativa están en los picos altos los aglutinantes (el colodión y la albúmina en menor medida que la gelatina) tienden a hincharse al absorber agua del aire y pueden adherirse a las paredes internas de los materiales de protección directa. En el caso de adherencia entre el aglutinante y una funda de plástico, si puede ser reversado, producirá un cambio en la superficie del aglutinante (zonas de más brillo y cierta sensación de pulido), este deterioro se conoce como ferrotipado.

Cajas

Hay una regla de oro que no siempre se respeta: no usar las cajas originales con que la industria vende el material fotosensible sin exponer. Este tipo de embalajes no son aptos para archivar el material ya procesado durante un largo periodo de tiempo. Hay otra regla de oro: algo es mucho mejor que nada; si no tenemos otra forma de protección usaremos esas cajas.

Afortunadamente, hoy se fabrican en el país el modelo de caja más utilizada en los archivos por su precio asequible y la variedad de formatos en los que pueden ser suministradas: son las cajas reforzadas con cantoneras de metal. Suelen estar fabricadas en cartón True Core™ hecho de pulpa purificada y alfa-celulosa alta, además de estar libre de ácido y lignino. Para prevenir los deterioros que produce la acidez, llevan una reserva alcalina de un 3% de carbonato cálcico, por lo que su pH está situado entre 8.5-10.0 y han pasado el

PAT. El mercado también ofrece una amplia gama de cajas fabricadas en cartón ondulado, con similares características a las anteriormente descritas, así como otras construidas en polietileno rígido, más empleadas para transporte.

Para registros de gran valor, frecuentemente de medio formato y montados en passe-partouts, existen cajas especiales con estructura de madera en los laterales, cuyo contenido en resina es muy bajo, y en las que la totalidad de los elementos que concurren en su construcción, cumplen con los requisitos de estar libres de ácido y lignino; los adhesivos carecen de compuestos de azufre, y su fortaleza permite un razonable apilamiento.

Medidas medioambientales.

El control del clima en los depósitos y salas de archivo constituye una de las piedras angulares en la custodia de cualquier forma de patrimonio cultural. En el caso del patrimonio fotográfico resulta de capital importancia, más aun si éste es en color.

Los parámetros medioambientales incluyen el control de la calidad del aire, la humedad relativa y la temperatura. El equilibrio adecuado aumenta de manera exponencial la esperanza de vida de los materiales custodiados. Los materiales fotográficos en general, y específicamente los originales en color cuya imagen final este constituida por tintes cromógenos, son muy sensibles a las variaciones entre humedad relativa y temperatura como demuestra las tablas siguientes:

Efecto de la humedad sobre la estabilidad de los tintes almacenados en oscuridad ²⁶:

Humedad relativa	Rango relativo de desvanecimiento	Tiempo relativo de almacenamiento
60%	2	½
40%	1	1
15%	½	2

Efecto de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad de los tintes almacenados en oscuridad:

Temperatura de almacenado	Rango relativo de desvanecimiento	tiempo relativo de almacenamiento
30° C/ 86°F	2	½
24° C/ 75°F	1	1
19° C/ 66°F	½	2
12° C/ 54°F	1/5	5
7° C/ 45°F	1/10	10
-10°C/ 14°F	1/100	100
-26°C/ -15°F	1/1.000	1.000

Número de años estimados para que se produzca la pérdida del 10% de su tinte más inestable en distintos materiales de la firma Kodak²⁷:

²⁶ Nisimura, D. Apuntes entregados en las clases de química fotográfica impartidas en el programa “Certificaded Program in Photographic Conservation” IMP/GEH-IPI/RIT.

²⁷ Wilhelm, H. (1993): The Permanence and Care of Color Photographs. Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides and Motion Pictures. (With contributing author: Carol Brower). Preservation Publishing Company. Grinnell, Iowa. Extracto de la tabla 19.1. pp. 661-662.

Años de almacenamiento a:

	24°C 75°F	7.2°C 45°F	1.7°C 35°F	-18°C 0°F
Papel Ektacolor 37 RC (EP-3)	10	95	200	3.400
Papel Ektacolor 78 y 74 RC (EP-3)	8	75	160	2.700
Papel Ektacolor Plus (EP-2)	37	350	750	12.500
Vericolor II profesional tipo S	3	28	60	1.000
Ektachrome (proceso E-3)	5	48	100	1.700
Kodachrome (proceso K-14)	95	900	1.900	32.000

La relación entre humedad relativa, temperatura y esperanza de vida resulta incontestable; un material que a 24° C pudiera perder el 10% de su tinte más inestable en un año, multiplica su esperanza de vida por mil congelado a -26° C. Si tenemos en cuenta los límites de la restauración en el campo del color (hoy en día no se pueden revertir químicamente los deterioros producidos en los materiales cromógenos por el desvanecimiento o manchado de los registros), los parámetros de custodia son la última línea de defensa para evitar la pérdida de tanto patrimonio. El coste económico que conlleva congelar las colecciones es asumido por los pocos colectivos que encuentran un equilibrio entre el gasto a asumir y los beneficios que produce: la industria cinematográfica, agencias nacionales, y algunos autores cuyos originales alcanzan un elevado precio en el mercado del arte. Exige materiales especiales de protección directa e instalaciones cuyo mantenimiento requiere presupuestos inalcanzables para la mayoría de los archivos. Una solución que permite combinar los beneficios del almacenado a baja temperatura y nuestra disponibilidad económica, es el uso de frigoríficos especiales donde podamos alojar los materiales en un rango de temperatura entre 1° C y 4° C, una H.R. cercana al 30% y utilizar bolsas de bajo costo para agrupar y proteger los materiales refrigerados. Hemos podido comprobar que el equilibrio entre la humedad relativa y la temperatura es primordial; utilizar un frigorífico convencional donde los niveles de H.R. pueden alcanzar niveles cercanos al 100% los hacen inviables. Existen en el mercado frigoríficos Frost-Free (libres de escarcha, no confundir con los de desescarchado por ciclos) que combinan los beneficios de una baja H.R. y una baja temperatura con los de un costo aceptable. Algunos, diseñados para archivos y museos, indican los valores de custodia en el exterior del aparato y su precio es notablemente superior.

Ciertas instituciones han podido construir silos especiales donde albergar a baja temperatura grandes volúmenes de materiales (la Filmoteca de Castilla-León, en Salamanca, es un ejemplo gratificante), pero afrontar el refrigerado de parte de nuestras colecciones en uno o dos frigoríficos es como reorganizar el arca de Noé; exige una rigurosa selección de los materiales. Los procedimientos con mayor índice de permanencia como son los procedimientos pigmentarios, los obtenidos por destrucción de tintes, los de transferencia de tintes, las copias y transparencias con un índice bajo de desvanecimiento y manchado en oscuridad pueden custodiarse fuera del refrigerador, siempre que los parámetros climáticos del depósito sean adecuados (25% de humedad relativa y 18° C-20° C de temperatura, sin oscilaciones por encima del 5%).

Debemos dar prioridad a los materiales con un menor índice de estabilidad como²⁸:

- Ektacolor anterior a 1984 (Ektacolor 37 Rc y 74 RC); copias anteriores a 1984 de Fujicolor, Agfacolor y Konica Color; todas las copias Kodak Ektachrome anteriores a 1991; copias actuales y anteriores Ektachrome Prestige; películas negativas de color de escasa estabilidad, por ej.: Ektacolor, Vericolor II, Kodacolor X, Kodacolor II, Fujicolor II; las anteriores a 1989 Agfacolor XR y XRS, y las películas negativas anteriores a 1992 3M Scotch; las diapositivas de color y transparencias más grandes relativamente inestables, por ej.: las películas Ektachrome de procesos E-1, E-2, E-3 y E-4 Color, películas Ansco y GAF; las anteriores a 1989 de Agfachrome, y las películas de diapositiva color 3M Scotch actuales y todas las anteriores.

²⁸ Idem. p. 658.

Los materiales pueden ser embalados para su refrigeración con una combinación entre las formas de protección directa ya reseñadas y las que propone la industria alimenticia. Las fundas, sobres, hojas de archivo, paquetes de diapositivas etc, pueden estar en el frigorífico protegidas en las cajas de conservación, pero es aconsejable proceder a reubicar cajas y paquetes en las bolsas de polietileno utilizadas para congelar alimentos (bolsas que cierran mediante el encajamiento de dos pestañas de plástico). No es necesario preacondicionar los materiales a valores bajos de humedad relativa; las bolsas de polietileno son relativamente permeables y la humedad del interior de las bolsas acabará siendo la del interior del frigorífico, que suele estar en torno al 35%. Las bolsas son una buena protección para prevenir el daño por agua en caso de un fallo eléctrico y, especialmente, para limitar la condensación que pudiera producirse durante los momentos en que hay que abrir la puerta o durante el preacondicionado necesario cuando se extraen fondos del interior.

H. Wilhelm²⁹ recomienda que los originales de gran valor sean preacondicionados a baja humedad relativa y luego sellados en sobres especiales a prueba de vapor antes de ser introducidos en el refrigerador.

Es muy importante monitorizar los valores de H.R. y temperatura en el interior del refrigerador para garantizar la estabilidad química de las bases plásticas. Como ya ha sido comentado, hay una relación directa entre la retención de agua y el riesgo de hidrolización de las bases. Los plásticos empleados en la industria fotográfica absorben agua de forma diferente, los realizados en diacetato y acetato propionato presentan el índice de absorción más alto, seguidos del triacetato, el acetato butirato y el nitrato; las bases de poliéster son las menos absorbentes.

Para aumentar la cantidad de material refrigerable, es conveniente no introducir en el frigorífico copias montadas con marcos, etc. Los materiales deben caber en el refrigerador de manera holgada, sin someterlos a ninguna tensión o doblez. Es importante garantizar que el aire circula por todo el interior, por lo que es recomendable no llenar el habitáculo hasta los topes.

El acceso al material custodiado en frío debiera ser restringido. Para evitar los problemas derivados de los ciclos de refrigeración y consulta, conviene disponer de medios de acceso alternativos al contenido icónico presente en los originales; la conversión digital o los duplicados pueden ser de gran ayuda. Cuando sea necesario extraer fondos del refrigerador, habrá que aclimatar los originales para evitar riesgos de condensación. El tiempo de aclimatación depende del volumen y la morfología de los materiales.

H. Wilhelm³⁰ proporciona algunos ejemplos que sirven de indicación:

Tiempo de aclimatación de 1.7° C/ 35° F a 24° C/75° F

- Caja de diapositivas de 36 exposiciones en caja de cartón.	45 minutos
- Sobre con 6 tiras de 6 exposiciones por tira en película de 35 mm.	15 minutos
- 10 copias sobre papel baritado o RC, en caja de cartón.	1 hora
- 100 copias sobre papel baritado o RC, en caja de cartón.	3 horas

En el caso de que no podamos refrigerar los materiales debemos recordar que la humedad relativa alta (por encima del 65%) afecta negativamente a todos los materiales que componen los distintos procedimientos fotográficos y a sus sistemas de protección. En regímenes de humedad relativa alta, las emulsiones de gelatina se hinchan y se adhieren a los sistemas de protección; los soportes de vidrio se descomponen; las bases plásticas absorben agua y aumenta el riesgo de hidrolización; los soportes secundarios pierden la adherencia; el papel se degrada. Una humedad relativa baja (por debajo del 30%) provoca la pérdida de planitud del papel; obliga a las emulsiones a ceder agua a la atmósfera, por lo que

²⁹ Idem. P. 658

³⁰ Idem. p. 667.

se secan, encogen y se rasgan; en los elementos multicapa se producen movimientos que generan delaminaciones y pérdida de adherencia. Una humedad relativa y una temperatura altas provocan la germinación de las esporas presentes en el aire, disparando las infecciones de hongos, tan activas y difíciles de revertir, produciéndose diversos daños químicos en los registros y sistemas de protección. Los ciclos de humedad relativa y temperatura provocan cambios físicos y químicos que aceleran el deterioro en todas las capas de los materiales fotográficos. Los cambios en los valores de la humedad relativa obligan a los componentes a ceder y absorber agua al ambiente, lo cual produce tensiones mecánicas y cambios químicos que limitan seriamente la esperanza de vida de los originales. Las recomendaciones publicadas por el American National Standards Institute (ANSI)³¹ aconsejan una H.R. de 25% con una tolerancia del 5%. La H.R. no debe rebasar el 60%. Toda fluctuación debe ser evitada. Para las películas de seguridad (Safety Film) están recomendadas temperaturas por debajo de 21° C; para películas en color es más aconsejable un almacenamiento refrigerado a 2° C.

Los límites de la restauración sobre material fotográfico en color

Las técnicas de restauración aplicables a los procedimientos en color son muy limitadas. En los procedimientos obtenidos por la síntesis aditiva las técnicas aplicables son menos limitadas que las intervenciones sobre los procedimientos obtenidos por la síntesis sustractiva. En ambos casos están dirigidas a consolidar los daños producidos en los soportes primarios como son los desgarros; la eliminación de masas adhesivas, eliminación de sellos y tampones en el reverso de originales; consolidación de roturas en soportes de vidrio, eliminación de soportes secundarios; resellado de placas de pantalla/ mosaico. Las intervenciones llevadas a cabo sobre las emulsiones no exceden de la limpieza de depósitos y suciedades por procedimientos mecánicos de cepillado y aspiración. El retocado de los originales que presentan faltas en el color puede ser llevado a cabo solo tras contrastar la formulación de los tintes y los aglutinantes; los materiales de Kodak pueden ser retocados con los tintes Kodak Liquid Retouching Color; los procedimientos por transferencia de tintes, con los mismos tintes empleados en su realización y las copias Ilfochrome con Ilfochrome Retouching Color³². Anne Cartier-Bresson ha restaurado con éxito copias Cibachrome que presentaban daños de carácter mecánico en la superficie de la emulsión.

La aplicación de técnicas químicas de restauración a materiales de color está de todo punto desaconsejado. Los límites de la restauración no permiten regenerar los cambios de color y los desvanecimientos de los tintes por acción de la luz, la oscuridad o la combinación de ambos. La aplicación de técnicas como la restauración óptica o la reconstrucción del color por medio de la conversión digital puede ser de gran ayuda. En ambos casos no se produce un cambio en el estado del original pero permite corregir los desajustes cromáticos del contenido icónico. En el caso de la restauración óptica, se procede a refotografiar el original a través de filtros de gelatina (como los Wratten de Kodak) que contienen los valores de color que ha perdido el artefacto; el nuevo negativo permitirá copias donde los cambios de color no estarán presentes o habrán mejorado notablemente. En el caso de la conversión digital, las herramientas y posibilidades que permiten programas como Adobe Photoshop™ facultan la reconstrucción del contenido icónico presente en el artefacto con una gran exactitud. En cualquier caso es obligado recordar que la obtención de nuevos negativos de copia o adecuados ficheros digitales no nos exime de la obligada custodia de los originales.

³¹ Canadian Conservation Institute. *Notes. #16/5 Care of Photographic Materials.*

³² *Idem.* p.369.

Bibliografía.

Actes du Colloque "Conservation et Restauration du Patrimoine Photographique" (1985). Audiovisuel. Paris.

Adelstein, P. Z. (1989): "History and Properties of Film Supports", en *Proceedings of Conservation in Archives, International Symposiums, Ottawa, Canada, May 0-12, 1988*, 89-101. Paris. International Council on Archives.

Adelstein, P. Z.; Reilly, J.; Nishimura, D. W. y Erbland, C. (In Press): "Humidity Dependence of Deterioration in Acetate and Nitrate Base Films", en *132nd SMPTE Technical Conference and Equipment Exhibit, October 13-17, 1990*. Society of Motion Picture and Television Engineers. New York.

Agustín la cruz, M. C.; Clausó García, A.; Fuentes De Cía, A.; Gargía Marco, F. J.; Hernández Pérez, A.; Ramos Simón, L. F.; Robledano Arillo, J.; Sánchez Vigil, J. M: y Del Valle Gastaminza, F. (1999): " Manual de documentación fotográfica" Editorial Síntesis. Madrid.

Berselli, S.; Cartier-Bresson, A.; Einaudi, K.; Vian, P.; Hager, M. y Romer, G. (1991): *La Fragilità Minacciata. Aspetti e problemi della Conservazione dei Negativi Fotografici*. Unione Internazionale degli Istituti di Archeologia, Storia e Storia dell'Arte in Roma. Roma.

Canadian Conservation Institute. *Notes*. There are eight notes that pertain to photograph care:

2/5 Using a Camera to Measure Light Levels.

#15/3 Display and Storage of Museum Objects Containing Cellulose Nitrate.

#16/1 Care of Encased Photographic Images.

#16/2 Care of Black and White Photographic Glass Plate Negatives.

#16/3 Care of Black and White Photographic Negatives and Film.

#16/4 Care of Black and White Photographic Prints.

#16/5 Care of Photographic Materials.

#16/6 Processing Contemporary Black and White Photographic Films and Paper.

Coe, B. and Haworth-Booth, M.A. (1983): *A Guide to Early photographic Processes*. Victoria and Albert Museum. London.

Eastman Kodak Company (1983): *The Book of Film Care* (Kodak Publication H-23). Eastman Kodak Company. Rochester N.Y.

Eastman Kodak Company (1985): *Conservation of Photographs*. (Kodak Publication F-40). Eastman Kodak Company. New York.

Eastman Kodak Company (1987): *Scientific Imaging with Kodak Films and Plates*. (Kodak Publication P-315). Eastman Kodak Company. New York.

Eder, J.M. (1945): *History of Photography*. Columbia University Press. New York.

Gillet, M.; Garnier, C. y Flieder, F. (1981): "Influence de l'Environnement sur la Conservation des Documents Modernes", en *Les Documents Graphiques et Photographiques: Analyse et Conservation*: 93-109. Editions de Centre National de la Recherche Scientifique. Paris.

Hendriks, K. B. y Whitehurst, A. (1988): *Conservation of Photographic Materials: A Basic Reading List*. Ontario: national Archives of Canada. Ottawa.

Hendriks, K. B. (1987): "Storage and Handling of Photographic Materials", en Merrily Smith (ed.) *Preservation of Library materials, a Conference held at the National Library of Austria, April 7-10, 1986*, vol. 2. Saur. München.

Hendriks, K. B.; Thurgood, B.; Iraci J.; Lesser B. y Hill, G. (1991): *Fundamentals of Photograph Conservation. A Study Guide*. Lugus Publications. Toronto.

Kennedy, N. y Mustardo, P. (1989): "Current Issues in the Preservation of Photographs". *Bookman's Weekly* 83(17): 1773-1783.

Krause, P. (1989): "Properties and Stability of Color Photographs", en *Proceedings of Conservation in Archives, International Symposiums, Ottawa, Canada, May 10-12, 1988*. International Council on Archives. Paris.

Lavedrine, B. (1990): *La Conservation des Photographies*. Presses du CNRS. Paris.

Lavedrine B. (1993) "Les Autochromes. Approche historique et technologique du procede. Étude des problèmes liés à sa Conservation." En: *Les Documentes Graphiques et Photographiques. Analyse et Conservation* 1993. Paris, Archives Nationales.

Matteni M. y Moles A. (1991) *La Chimica nel Restauro i Materiali Dell'Arte Pittorica*. Nardine Editore. Firenze

McCabe, Constance (1991). "Preservation of 19th Century Negatives at the National Archives". *Journal of the American Institute for Conservation* 30 (1): 41-73.

Montagana, G. (1993): *I Pigmenti. Prontuario per L'Arte e il Restauro*. Nardine Editore. Firenze

Morgan & Morgan: *Photolab Index*. LifeTime Edition. New York.

Morgan & Morgan (1979): *The Compact Photolab Index*. E. Pitaro. New York.

Nadeau, Luis (1989): *Encyclopedia of Painting, Photographic and Photomechanical Processes*. (Vols. 1 and 2). New Brunswick. Canadá.

Norris, D. (1982): "The Proper Storage and Display of a Photographic Collection". *Picturescope*, 30 (1): 34-37.

Ostroff, E. (1987): *Pioneers of Photography. Their achievements in Science and Technology*. Springfield. SPSE-Society for Imaging Science and Technology.

Pavao, L. (1997): *ConservaÇao de ColecÇoes de Fotografia*. Dinalivro. Lisboa

Ramón y Cajal, S. (1994): *La Fotografía de los colores. Bases científicas y reglas prácticas*. Estudio preliminar de Gerardo Kurtz. Clan. Madrid.

Reilly, J. M. (1980): *Albumen & Salted Paper Book. The History & Practice of Photographic Printing*. Light Impressions. Rochester N.Y.

Reilly, J. M. (1986) *Care and Identification of 19th Century Photographic Prints*. (Kodak Publication, G-2S). Eastman Kodak Company. Rochester N.Y.

Reilly J. M.; Nishimura, D. W.; Pavao, L. y Adelstein, P. Z. (1989): "Photo Enclosures: Research and Specifications". *Restaurator* 10 (3 / 4): 102-111.

Rempel, S. (1987): *The Care of Photographs*. Nick Lyons Books. New York.

Rempel, S. (1989): "Cold and Cool Environments for the Storage of Historic and Photographic Materials". *Conservation Administration News*, 38: 6-7.

Riego, B.; Alonso Laza M.; Muñoz Benavente, T.; Argerich, I. y Fuentes De Cía, A. (1997) *Manual para el uso de archivos fotográficos. Fuentes para la investigación y pautas de conservación de fondos documentales fotográficos*. Aula de Fotografía de la Universidad de

Cantabria. Santander. Ministerio de educación y Ciencia. Dirección General del Libro, Archivos y Bibliotecas. Madrid.

Ritzenthaler, M. L. (1983): *Archives and Manuscripts: Conservation. A Manual on Physical Care and Management*. (SAA Basic Manual Series). Society of American Archivists. Chicago.

Romer, G. B. "Can we Afford to Exhibit our Valued Photographs?" (1987): *Picturescope* 32: 136-137..

Romer, G. B. y Delamoir, J. " Las primeras fotografías en color" (1990): *Investigación y Ciencia*, edición española de *Scientific American*, nº 161. pp. 44-52. Madrid.

Severson, D. G. (1987): The Effects of Exhibition on Photographs. *Picturescope* 32: 133-135.

Spencer, D. A. (1979): "Diccionario focal de tecnología fotográfica. Español-inglés, inglés-español". Ediciones Omega. Madrid.

Thomson, G. (1986): *The Museum Environmen*. Butterworths. Boston.

Ware, M. (1994): *Mechanisms of Image Deterioration in Early Photographs. The Sensitivity to Light of WHF Talbot's Halide-Fixed Images 1834-1844*. Science Museum & National Museum of Photography, Film & Television. London.

Weinstein, R. A. y Booth L. (1977): *Collection, Use and Care of Historical Photographs*. American Association for State and Local History.

Wilhelm, H. (1979): "Color Print Instability". *Modern Photography* 43(2).

Wilhelm, H. (1993): *The Permanence and Care of Color Photographs. Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides and Motion Pictures*. (With contributing author: Carol Brower). Preservation Publishing Company. Grinnell, Iowa.