

Documento gráfico //

El espejo de plata en las fotografías: importancia, mecanismo de aparición y nuevo procedimiento de eliminación

El espejo de plata es una degradación que aparece en la mayoría de las fotografías y películas de cine históricas con imagen de plata revelada (D.O.P.) en blanco y negro. Su eliminación ha conllevado tantos problemas que a menudo se ha descartado. Nosotros presentamos un nuevo procedimiento de eliminación sencillo, eficiente y estable a largo plazo.

El estudio de las causas de aparición aporta luz sobre aspectos que habían quedado poco explicados, especialmente el hecho de que es una degradación que aparece siempre en la superficie de la imagen, lo que nos lleva a pensar en un mecanismo de transporte de la plata por cargas eléctricas. Esto también puede explicar los incendios espontáneos en las películas de nitrato.

Jordi Mestre. Restaurador de fotografías.

jordimestreverges@gmail.com

Josep Maria Vergès. investigador y traceólogo.

josepmaria.verges@urv.cat

Rita Udina. restauradora de obra gráfica y libros.

info@ritaudina.com

Palabras Clave: espejo de plata, conservación-restauración de fotografía, carbonato de calcio.

Fecha de recepción: 01-9-2017 > **Fecha de aceptación:** 06-9-2017



Placas fotográficas de vidrio extraídas de la típica caja de cartón en la que se guardaban. La de encima tiene espejo de plata en toda la superficie y las de dentro lo tienen de forma más acusada en los perímetros, haciendo un viñeteado. Placa del Archivo Nacional de Cataluña (Fotografía: Jordi Mestre).

INTRODUCCIÓN¹

El espejo de plata está presente en muchas de las fotografías históricas y películas de cine en blanco y negro con imagen constituida por gelatina y plata. Es el producto residual de determinadas reacciones de degradación de la imagen fotográfica. El espejo de plata está compuesto por plata que antiguamente formaba la imagen y ahora está en la superficie de la imagen, sola o en combinación (Ag o Ag₂S), generando una molesta capa reflectora que dificulta el visionado y la reproducción de las fotografías.

Los materiales que se pueden ver afectados por el espejo de plata son todas las fotografías en blanco y negro con la imagen formada por gelatina y plata obtenida por revelado (D.O.P.).² Estos gránulos de plata que forman la imagen son relativamente más grandes en comparación con los obteni-

dos por ennegrecimiento directo (P.O.P.), que son mucho más pequeños.

Las imágenes formadas por plata revelada en gelatina se pueden presentar tanto en positivo como en negativo y las encontramos en todo tipo de soportes, como por ejemplo el vidrio, todos los plásticos utilizados en fotografía, papel, papel RC (*Resin Coated*, es decir, con una capa de resina) u otros soportes minoritarios.

Los procedimientos fotográficos basados en plata revelada contenida en gelatina se utilizan desde 1880, aproximadamente, llegando a ser a finales del siglo XIX los métodos mayoritarios. Esta hegemonía para procedimientos en blanco y negro se mantuvo durante todo el siglo XX. Actualmente las

¹ Jordi Mestre Vergès: idea original e investigación; Josep Maria Vergès i Bosch: microscopía electrónica y traceología; Rita Udina Armengol: colaboración e ilustraciones.

² D.O.P. es el acrónimo del inglés *Developing Out Process*, refiriéndose a las imágenes reveladas, en contraposición a las de ennegrecimiento directo (P.O.P., *Printing Out Papers*).

fotografías basadas en procedimientos químicos de gran calidad se siguen haciendo de esta forma.

Se comprende, por lo tanto, que los procedimientos de los que hablamos son mayoritarios en las colecciones de fotografías históricas, a la vez que constituyen la casi totalidad de las películas de cine en blanco y negro, y más del 90% de las fotografías en blanco y negro del siglo XX.

MECANISMO DE APARICIÓN

El mecanismo que hace que la plata que estaba formando la imagen migre hasta la superficie nos lo explican entre otros Feldman (1981), Hendriks (1984, 1991), Torigoe et al. (1984), Swan (1981), Di Pietro (2004) o Nielsen-Lavédrine (1993).³

En resumen, la plata que se encuentra dentro de la gelatina se oxida por la acción de un ácido en presencia de humedad, el ion Ag^+ migra a la superficie donde se neutraliza y se deposita formando una capa brillante a la que llamamos espejo de plata. [ilustraciones I-IV] [pág.8]

La mayoría de las manchas en las fotografías gelatino-argénticas reveladas (D.O.P.) se producen dentro de la capa de gelatina, en cambio el espejo de plata se forma en la superficie. Di Pietro⁴ lamenta que Nielsen-Lavédrine (1993) no ofrezcan ninguna explicación de la causa-efecto de esta cuestión: "(...) la migración de las sales de plata hacia la superficie, aunque no se sugiere ninguna fuerza motriz para este desplazamiento".⁵ A pesar de esta falta de justificación todos los autores citan esta migración de los iones Ag^+ . A nosotros nos parece claro que la fuerza que hace que el ion Ag^+ migre hacia la superficie es la electrostática. La neutralización (ya sea con un electrón o con un ion S^{2-}) tendrá lugar en la superficie y no dentro de la capa de gelatina. En consecuencia, se forma una capa externa a la imagen y, por lo tanto, no hará falta eliminar nada que esté dentro de la gelatina.

Si se quiere eliminar esta capa superficial deberá hacerse sin afectar a la capa de gelatina con plata, que es la que contiene la imagen. Siendo así, no se compromete la conservación a largo plazo, luego podemos afirmar que tenemos un procedimiento apropiado para eliminar el espejo de plata.

El procedimiento que planteamos cumple el requisito de no afectar la gelatina, con la ventaja añadida de que a largo plazo parece que podría incluso mejorar las condiciones de conservación, puesto que neutraliza la acidez residual (que es la que provoca la conversión de plata metálica en ion plata).

La imagen está formada por gránulos de sales de plata que se han oxidado en plata metálica. El mecanismo que hace que ésta se convierta en ion y migre hacia la superficie de la gelatina (donde se neutralizará) deja claro que hay un desplazamiento de iones cargados. Esto sólo puede ser debido a las fuerzas de atracción y repulsión. Por lo tanto, hay un movimiento de cargas eléctricas que tenemos que tener muy presente. En el caso de unas placas dentro de una caja ácida en un ambiente que contenga humedad, podemos esperar un alto voltaje. Sin embargo, dada la relativa baja humedad —comparado con la batería de un coche— y la escasa superficie (unos 100 cm^2 en una placa de 9x12 cm, por ejemplo), nos da un amperaje ínfimo. No obstante, si pensamos en una película de cine de 35 mm que tenga, por ejemplo, 300 metros (3,5 cm x 30.000 cm = 105.000 cm^2), dicha superficie sería más de mil veces mayor que la de la placa. Por lo tanto, la película tendrá muy poco voltaje, pero un amperaje mucho mayor. Debemos tener en cuenta, además, que en este caso particular la acidez puede venir de la propia descomposición del nitrato de celulosa.

Un alto amperaje puede —en el momento de abrir la lata donde está la película— hacer saltar una chispa que inicie la combustión de la película. Por lo tanto, en un caso extremo y desafortunado, el propio mecanismo que genera el espejo de plata puede ser el responsable de un incendio devastador.

¿POR QUÉ QUEREMOS ELIMINARLO?

Tener una capa brillante de espejo de plata, donde se debería ver plata oscura, desvirtúa el visionado de la imagen.

Podemos tener espejo de plata de forma más o menos uniforme en toda la placa o bien de forma desigual. En el caso muy habitual de las placas guardadas dentro de las cajas originales, [1] [pág.9] vemos que el espejo de plata es bastante uniforme en la emulsión de la placa que está en contacto con la caja de cartón. En cambio en otras placas de la misma caja el espejo de plata tiene forma de viñeteado, es periférico, debido a la forma de difusión de los gases contaminantes. Los vidrios rotos también representan una entrada de aire contaminante, [2] [pág.9] ocasionando desigualdades en la aparición del espejo de plata. También podemos tener otros supuestos, como que las placas estén envueltas en papel de periódico y el espejo de plata sólo se presente donde no hay letras. [3] [pág.9] Esto es debido a que la tinta ha inhibido la acidez, o también a que la grasa depositada por los dedos (las huellas) ha hecho una capa protectora, posibilitando la aparición de espejo de plata únicamente donde no había grasa, en los surcos del dedo.

Cuando el espejo de plata es perfectamente uniforme sólo hace de filtro que impide la transmisión de la luz. Pero si hay discontinuidades, del tipo que sean, éstas se transmiten al positivo, ya sea con forma de viñeteado, de letras del periódico, de huella o de cualquier otra interrupción que dé una diferencia de transmisión de la luz respecto a las zonas sin espejo de plata. [4] [pág.9] Si eliminamos todo el espejo de plata, evitaremos este problema y la calidad de la imagen será claramente mejor.

La eliminación del espejo de plata a menudo no se ha contemplado, ya que los procedimientos que se han utilizado para eliminarlo son manifiestamente agresivos y perniciosos para la estabilidad de la gelatina portadora de la imagen y pueden incluso conllevar su destrucción.

La acidez es perjudicial para la conservación de estas imágenes, pero el espejo de plata en sí mismo no compromete la estabilidad futura de la imagen, ya que está formado por plata o sulfuro de plata. Sólo es molesto. Si añadimos la peligrosidad de los métodos que se han planteado para su eliminación es comprensible que, en general, se haya optado por mantener esta excrecencia tan turbadora. En cualquier caso, tenemos que recordar que la plata estaba en origen dentro de la gelatina y después la encontramos esparcida por la superficie de la imagen, de forma que nunca podrá ser retornada exactamente a su posición original. Se ha convertido en una excrecencia en la superficie que simplemente compromete su visionado. Por otro lado, los gránulos de plata revelada son relativamente grandes y, aunque han perdido una parte de la plata que los formaba cuando fueron revelados, suelen tener plata suficiente como para que no se note el descoloramiento, incluso después de esta pérdida.

La peligrosidad y poca eficiencia de los métodos de eliminación de espejo de plata que hemos encontrado descritos nos ha llevado a buscar otro nuevo que sea sencillo, eficiente y sobre todo que no perjudique la estabilidad de la imagen.

En el presente trabajo aportamos un método para eliminar el espejo de plata en fotografías, tanto sobre vidrio como sobre

³ Se pueden consultar las referencias bibliográficas completas al final del artículo.

⁴ DI PIETRO, Giovanna. "A local microscopic model for the formation of silver mirroring on black and white photographs". En: AAVV, *Proceedings of Metal 2004, 4-8 October*. Canberra: National Museums of Australia, 2004.

⁵ Traducido del original en inglés: "(The) migration of the silver salts towards the surface although no driving force for this movement was suggested". DI PIETRO, Giovanna: *A local microscopic model...*

soporte plástico o papel, y que tiene la virtud de no estropear la fotografía, sino de mejorar su presencia y estabilidad futuras. Además, es aplicable incluso en fotografías en un estado muy precario de estabilidad.

LOS MÉTODOS QUE PROPONE LA LITERATURA

Los métodos que hemos visto propuestos, ya sea el que nos ofrece el libro editado por la empresa Kodak, *Conservation of Photographs* (conocido como "F40"),⁶ o los que recoge Bertrand Lavédrine en *La conservation des photographies*,⁷ tienen en común que son reductores no proporcionales y que tienen alguna fase acuosa, lo que implica —entre otras cosas— un largo lavado.

El método que propone Kodak en el F40 se basa en un reductor a base de amoníaco y tiourea en ácido fosfórico, seguido por un largo lavado en agua.

Lavédrine recoge dos métodos: el primero se basa en un baño de alcohol absoluto yodado, seguido de la eliminación del yoduro de plata resultante a base de fijador, que debe eliminarse con un largo lavado posterior; el segundo se basa en un reductor de tiosulfato amónico que se deberá neutralizar y aclarar con abundante agua.

En el F40 se advierte de que en caso de desprendimiento de la gelatina, se debe detener la operación. En las pruebas que hemos realizado con placas de gelatina sobre vidrio, llevando a cabo su método, hemos tenido efectivamente este desprendimiento que, al detener la operación, no remite. Es decir, que el perjuicio es claro y difícilmente reversible.

El desprendimiento era fácil de predecir, puesto que tenemos por un lado una estabilidad dimensional casi absoluta por lo que refiere al vidrio y, por otro, una serie de oscilaciones dimensionales muy importantes por parte de la gelatina. Dado que la imagen es histórica y que a lo largo de los años la gelatina ha sufrido repetidas oscilaciones dimensionales de pequeña envergadura, y el vidrio prácticamente ninguna, la adhesión con el vidrio ha sufrido y estará poco o muy afectada. Hay que añadir que la gelatina se hincha mucho cuando se moja en agua y esta variación volumétrica continúa al pasar de una solución muy ácida (muy hinchada) a una relativamente poco hinchada, a pH 4,7 —donde está el punto isoeléctrico—, para volver a hincharse en pH básico.⁸ El secado de la gelatina comportará una enésima contracción. Con unas pruebas tan drásticas tenemos muchas probabilidades de provocar desprendimientos de la gelatina en material histórico, especialmente si se trata de placas de vidrio. Detener el tratamiento si la gelatina se despega, como dice Kodak o como recoge Lavédrine, sólo sirve para no provocar un mayor estropicio, pero no para restablecer la pieza a su estado original.

Por lo tanto, los métodos para eliminar el espejo de plata, que tienen en algún momento del proceso una fase acuosa, hinchan la gelatina en exceso y deberían ser descartados como tratamiento para material histórico, especialmente cuando el soporte sea vidrio.

Se ha contemplado también la eliminación con goma de borrar, pero en este caso los problemas son: la abrasión, los residuos grasos y el hecho de que si eliminamos el espejo de plata sin eliminar la causa que lo provoca (la acidez), estamos favoreciendo que se produzca más que si no lo eliminamos.

NUESTRO MÉTODO

El tratamiento propuesto se puede aplicar independientemente del soporte (vidrio, plástico, papel...) porque se trabaja prácticamente en seco. ⁵ y ⁶ [pág.11]

Procedimiento de eliminación del espejo de plata:

Primero se debe retirar el polvo con un pincel fino.

Para la eliminación del espejo de plata se utiliza un algodón embebido en un poco de tetracloroetileno, se añade una pequeña cantidad de carbonato de calcio y, seguidamente, lo aplicamos sobre la capa de imagen con movimientos circulares para hacer reaccionar el carbonato de calcio. Lo dejamos actuar unos minutos, con el fin de eliminar la acidez que pueda tener la emulsión y, a continuación, retiramos el carbonato de calcio con un algodón con tetracloroetileno, que arrastrará el espejo de plata junto con el carbonato de calcio, dejando intacta la gelatina. También se eliminan al mismo tiempo la mayor parte de los hongos y, notablemente, las marcas dactilares antiguas.

El uso de diferentes hidrocarburos clorados en la limpieza de gelatinas fotográficas, especialmente para la eliminación de grasas, huellas y hongos, ha sido una práctica común. La principal virtud de los hidrocarburos clorados es que no hinchan la gelatina y, por lo tanto, no la fragilizan. Por motivos de toxicidad y producción, hoy en día se utiliza básicamente el tetracloroetileno. El tricloroetileno o el tetracloretileno resecan menos que el alcohol y eliminan grasas y hongos. Mediante un hisopo impregnado de carbonato de calcio, estos disolventes ayudan a eliminar el espejo de plata con toda facilidad, sin hinchar la gelatina y, por consiguiente, sin riesgo de desprendimientos. Se pueden incluso utilizar en fotografías montadas, cosa que no sucede en ninguno de los métodos de base acuosa. ⁷ [pág.11]

El carbonato de calcio tiene múltiples virtudes: es inerte hasta que encuentra un ácido (entonces lo neutraliza), por eso se usa habitualmente como carga alcalina; las partículas son muy blandas y no rayan; se aplasta con facilidad y, por lo tanto, no pule, sino que arrastra. ⁸ [pág.12]

También debemos destacar que, si queda algún residuo, es incluso beneficioso. La eliminación del espejo de plata mediante este método conlleva la neutralización de la acidez y deja la pieza en mejores condiciones que antes. ⁵ - ⁸ [pág.12]

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS⁹

Se han utilizado fragmentos de una placa de vidrio de la década de 1920, con imagen formada por plata dentro de gelatina obtenida por revelado. Tenía abundante espejo de plata, así como rayadas más o menos profundas, recientes o antiguas. ⁹ y ¹⁰ [pág.12]

Por un lado, observamos la forma del crecimiento del espejo de plata sobre la gelatina; surge en forma de bolitas muy finas, en comparación con los gránulos de plata dentro de la gelatina, que aparecen como paquetes masivos. A medida que el espejo de plata se hace más abundante los pequeños gránulos se van uniendo hasta formar una especie de costra. ¹¹ y ¹² [pág.13] En los puntos en los que en algún momento ha habido alguna abrasión fina, constatamos que se ha llevado también parte del espejo de plata, dejando la gelatina al descubierto con los gránulos de plata que forman la imagen en su interior. Al hacer una sección transversal podemos ver la parte inferior del cristal, luego la emulsión, y encima la plata desplazada de su sitio original que forma el espejo de plata. ¹³ y ¹⁴ [pág.13]

A la gelatina de la placa fotográfica con espejo de plata le hemos hecho, con un cuchillo, dos rayadas que se cruzan y que alcanzan el vidrio. El microscopio láser confocal nos muestra los estigmas con los labios correspondientes, y las partículas desprendidas al cortar la gelatina.

⁶ EATON, George, *Conservation of Photographs*. Kodak Publications, No F-40. Rochester (NY): Eastman Kodak Co., 1985.

⁷ LAVÉDRINE, Bertrand, *La conservation des photographies*. París: Presses du C.N.R.S. / Ministère de la Culture, de la Communication, des Grands Travaux et du Bicentenaire, 1990, p. 59-62 y 136-137.

⁸ GLAFKIDÈS, Pierre. *Química Fotográfica*. Barcelona: Ediciones Omega, 1953.

⁹ Mecanismos de control del procedimiento experimental: los resultados de la limpieza y las posibles afectaciones no deseadas del soporte fotográfico han estado monitorizadas mediante un *Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) FEI Quanta 600, equipped with EDX-EXL II system Link Analytical Oxford*, un microscopio láser confocal y un microscopio SEM (*Environmental Scanning Microscope*).

Después hemos aplicado sobre esta placa rayada, el carbonato de calcio con tetracloretileno y se ha eliminado el espejo de plata. En la imagen correspondiente al estado posterior al tratamiento podemos apreciar que, junto con el espejo de plata, se han eliminado los restos de gelatina desprendida, pero en ningún caso se han rebajado las rebabas del corte. Es decir, que la limpieza no ha significado en ningún caso la abrasión de la gelatina porque el carbonato es mucho más blando que la gelatina seca. En cambio, se arrastran las partículas superficiales, como por ejemplo el espejo de plata, los detritos de gelatina y posibles hongos o suciedad; sin embargo, la gelatina cohesionada se comporta como una barrera dura que no se altera con este procedimiento. **15** y **16** [pág.13]

DISCUSIÓN

Los hidrocarburos clorados son los disolventes más eficientes para el método que aquí se propone, con las múltiples ventajas que ya se han explicado. A pesar de todo, cabe recordar que son productos tóxicos y que, por lo tanto, hay que manipularlos y utilizarlos con las medidas de seguridad adecuadas. En este contexto controlado, y teniendo en cuenta que se trata de un uso profesional muy específico, su aplicación nos parece justificada.

Hemos observado la aparición de minúsculos estigmas de menos de 2 µm, atribuibles a las fibras de algodón, que en su composición llevan materiales silíceos. Se puede, en un futuro, pensar en la sustitución del algodón por otros sistemas, pero realmente un estigma de 2 µm es insignificante para ser visto como un problema. **17** y **18** [pág.14]

CONCLUSIONES

La conservación preventiva siempre es prioritaria, ya que si ésta es eficiente el espejo de plata no aparecerá y no hará falta que planteemos su eliminación.

La acidez y la humedad son las responsables de la aparición del espejo de plata y las cargas eléctricas tienen que ver con que el espejo de plata esté en la superficie.

Los métodos húmedos para eliminar el espejo de plata se deben evitar por ser excesivamente arriesgados y potencialmente infructuosos.

El método del carbonato de calcio en percloroetileno (tetracloretileno) es muy eficiente y nada arriesgado. Mejora la estabilidad futura de las fotografías pero hará falta seguir investigándolo.

IMÁGENES

1 Placas fotográficas de vidrio extraídas de la típica caja de cartón en la que se guardaban. La de encima tiene espejo de plata en toda la superficie y las de dentro lo tienen de forma más acusada en los perímetros, haciendo un viñeteado. Placa del Archivo Nacional de Cataluña (Fotografía: Jordi Mestre).

2 Placa de vidrio que venía montada sobre otro cristal, a modo de protección frente a rayadas. Cuando el cristal protector que limitaba la formación de espejo de plata se ha roto, ha dejado pasar el aire y la humedad, favoreciéndose de este modo su formación localmente en esa zona. Placa de la Biblioteca Nacional de Cataluña (Fotografía: Jordi Mestre).

3 Placa de vidrio sobre la que hubo durante años un periódico. El espejo de plata se ha formado más intensamente en las áreas del papel sin tinta, donde el papel dejaba pasar el aire y la humedad. En las áreas entintadas, que han actuado a modo de impermeabilización del papel, el espejo de plata no

se ha formado tanto. Placa del Archivo Nacional de Cataluña (Fotografía: Jordi Mestre).

4 Placa de vidrio con marcas dactilares, donde la grasa ha actuado a modo de capa protectora frente a la humedad, impermeabilizando en cierto modo la emulsión. Placa del Archivo Nacional de Cataluña (Fotografía: Jordi Mestre).

5 Fotografía gelatino-argéntica en papel que es una reproducción hecha en los años 30 del siglo XX. A la izquierda antes del tratamiento y a la derecha durante el tratamiento (se ha intervenido sólo la mitad de la derecha). La superficie antes del tratamiento está recubierta de espejo de plata. Fotografía del Colegio de Arquitectos de Cataluña (Fotografía: Rita Udina).

6 Placa de vidrio con espejo de plata viñeteado, o sea más acusado en los perímetros. En la izquierda antes del tratamiento y a la derecha durante la eliminación del espejo de plata (se ha intervenido la mitad superior). Placa del Colegio de Arquitectos de Cataluña (Fotografía: Rita Udina).

7 Placa de vidrio estereoscópica del siglo XIX. El espejo de plata se extiende en toda la superficie con la clara exclusión de la parte afectada por hongos (margen superior). A la izquierda antes del tratamiento y a la derecha durante la eliminación del espejo de plata (se ha intervenido la mitad de la derecha). Como se puede apreciar, el tratamiento es inocuo incluso en las zonas frágiles afectadas por microorganismos. Placa del Colegio de Arquitectos de Cataluña (Fotografía: Rita Udina).

8 Placa de vidrio estereoscópica del siglo XIX. El espejo de plata se extiende muy homogéneamente, con la excepción de una reserva en el margen superior izquierdo y otras más en el inferior, provocadas probablemente por la grasa de marcas dactilares. En la izquierda antes del tratamiento y a la derecha durante la eliminación del espejo de plata (se ha intervenido la mitad de la derecha). El tratamiento mantiene inalterada la capa de gelatina, incluso podemos continuar apreciando las rayadas en forma de arco que ya había. Placa del Colegio de Arquitectos de Cataluña (Fotografía: Rita Udina).

9 Preparación de la muestra de una placa fotográfica para ser vista con el microscopio (Fotografía: Jordi Mestre).

10 Placa fotográfica con abundante espejo de plata y rayadas más o menos profundas, actuales y antiguas. Fotografía SEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

11 Afloramiento de espejo de plata. Donde hay rayadas superficiales (franja superior) se intuye la gelatina con la imagen. Fotografía SEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

12 Afloramiento de espejo de plata. Donde hay rayadas superficiales (zonas más oscuras) se intuye la gelatina con la imagen. Fotografía SEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

13 Sección transversal de una placa fotográfica. De abajo a arriba: vidrio, gelatina con gránulos de plata y, más claro arriba del todo, el espejo de plata. Fotografía ESEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

14 Sección transversal de una placa fotográfica. De abajo a arriba: vidrio y gelatina con gránulos de plata. Fotografía ESEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

15 Placa fotográfica con espejo de plata donde se han practicado deliberadamente dos rayadas entrecruzadas.

Dentro del surco de la rayada se observan restos de gelatina cortada. Microscopio láser confocal (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

16 Placa fotográfica con espejo de plata donde se han practicado deliberadamente dos rayadas entrecruzadas. Después del tratamiento de espejo de plata se han arrastrado los restos de gelatina desprendidos, pero los labios de los cortes permanecen inalterados. Microscopio láser confocal (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

17 Placa de vidrio después de eliminar el espejo de plata con los minúsculos estigmas, provocados probablemente por elementos silícicos de las fibras de algodón. Fotografía SEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

18 Fibra de algodón. Fotografía SEM (Fotografía: Josep Maria Vergès i Bosch).

ILUSTRACIONES:

I Corte transversal de una placa de vidrio, donde el cristal está debajo (azul) y la gelatina en superficie (amarillo). La plata revelada se halla inicialmente dentro de la capa de gelatina (Ilustración: Rita Udina).

II La acidez externa ($2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$) favorece la formación de cationes de plata (Ag^+) y su correspondiente electrón (Ilustración: Rita Udina).

III El catión de plata (Ag^+), atraído por los electrones en superficie, se desprende del corpúsculo filamentosos subiendo a la superficie (Ilustración: Rita Udina).

IV Cuando ha llegado a la superficie, el electrón y la plata en forma de catión se neutralizan para formar de nuevo plata metálica (Ag^0): el espejo de plata (Ilustración: Rita Udina).

BIBLIOGRAFÍA

BITELLI MASETTI, Luisa; VLAHOV, Riccardo. *La fotografía. 1. Técnicas de conservación e problemi di restauro*. Boloña: Edizioni Analisi, 1987.

DI PIETRO, Giovanna. *Silver mirroring on silver glass negatives*. Basilea: Universität Basel, 2002.

DI PIETRO, Giovanna. "A local microscopic model for the formation of silver mirroring on black and white photographs". En: AAVV, *Proceedings of Metal 2004*. Canberra: National Museums of Australia, 2004.

FELDMAN, L.H. "Discoloration of black and white photographic prints". *Journal of Applied Photographic Engineering*, vol. 7, 1 (1981), p. 1–9.

GLAFKIDÈS, Pierre. *Química Fotográfica*. Barcelona: Ediciones Omega, 1953.

HENDRIKS, Klaus B. *Preservación y restauración de materiales fotográficos en archivos y bibliotecas: un estudio del RAMP con directrices*. París: Organización de la Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 1984.

HENDRIKS, Klaus B., et al. *Fundamentals of Photograph Conservation: A Study Guide*. Toronto: National Archives of Canada, 1991.

HESS NORRIS, Debra; Jae Gutierrez, Jennifer. *Issues in the conservation of photographs*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2010.

NAMIAS, Rodolfo. *Manual teórico-práctico de química fotográfica*. Madrid: Bailly-Bailliere, 1924.

NIELSEN, U. B.; LAVEDRINE, B. "Etude du miroir d'argent sur les photographies". A: *Les documents graphiques et photographiques*. París: Archives Nationales, 1993, p. 131-143.

MESTRE I VERGÉS, Jordi. *Identificación y conservación de fotografías*. Gijón: Ediciones Trea, S.L., 2014. ISBN: 978-84-9704-761-6. ISBN de la edición digital: 978-84-9704-713-5.

SWAN, Alice. "Conservation of Photographic Print Collections". *Library Trends*, vol. 30, núm. 2 (1981), p. 267-296, disponible online en: https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/7203/librarytrendsv30i2i_opt.pdf?sequence=1 [Consulta: 1 septiembre 2017].

TORIGOE, M. et al., "A challenge in the preservation of black-and-white photographic images". *Scientific Publication of the Fuji Photo Film Co. Ltd.*, 39 (29), (1984), p. 31-36.