

NTP 425: Laboratorios fotográficos: riesgos por exposición a contaminantes químicos (I)



Laboratories de photographie: risques par l'exposition aux polluants chimiques (I)
Photographic laboratories: risk due to the exposition to chemical agents (I)

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones
Válida		Ver Guía Técnica del RD 374/2001. Ver valores VLA del INSHT
ANÁLISIS		
Criterios legales		Criterios técnicos
Derogados:	Vigentes: SI	Desfasados:
		Operativos: SI

Redactoras:

M^a Elena Adán Liébana
Ingeniera Química IQS

M^a Dolores Sánchez Almirón
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

El ambiente al que están expuestos los trabajadores de un laboratorio fotográfico es complejo y se caracteriza por la exposición simultánea a diferentes compuestos químicos con riesgos potenciales para la salud. Aunque la concentración ambiental de algunos compuestos sea inferior al valor límite de exposición que tienen definido, la exposición conjunta a combinaciones de productos puede resultar adversa, aún a concentraciones a las cuales sería tolerable si la exposición fuera a un solo compuesto. Dada la extensión del tema, se ha distribuido el texto entre esta Nota y la siguiente.

Material fotográfico

El material fotográfico se compone de dos partes claramente diferenciadas: la superficie sensible, constituida por una emulsión sensible a la luz, y el soporte.

Superficie sensible

La superficie sensible es una dispersión de cristales de halogenuro de plata sobre gelatina. La fotografía utiliza la propiedad fotoquímica de los haluros de plata para formar imágenes, según la cual al sufrir una adecuada exposición a la luz se produce la activación selectiva de algunos granos de haluro de plata (imagen latente). Para potenciar esta propiedad los cristales son tratados previamente con una serie de sensibilizantes. Entre los más usados están la tiourea, el tiosulfato sódico, el tiocianato de oro, el tetracloroaurato potásico y reductores como el hidrógeno, el tert-butilaminoborano, los cationes estaño II o la hidrazina.

Mientras que en la fotografía en blanco y negro la emulsión está constituida por una sola capa de haluro de plata, en la fotografía en color la película consta de tres negativos de plata superpuestos, es decir, se produce un negativo de plata de cada una de las capas sensibilizadas. En estas capas se introduce una sustancia llamada acoplador, que es la que les confiere la propiedad del color. Esta sustancia también puede ser aportada por el baño revelador.

Otros componentes de la emulsión son, por ejemplo: los tensioactivos, para reducir el revelado espontáneo de regiones no expuestas (tetraazaindenos, mercaptotetrazoles), aldehídos, para reducir la abrasión y permitir el procesado a altas temperaturas, estabilizantes (iones haluro, benzimidazoles, benzotriazoles y mercaptotetrazoles).

Soporte fotográfico

Para la mayor parte de aplicaciones, la emulsión puede estar sobre una película transparente de vidrio, plástico, papel o cartón.

Las películas, que a veces son multicapa, deben tener una composición y grosor uniformes. Su composición está constituida por diferentes compuestos químicos dedicados a facilitar la adhesión entre la gelatina y el soporte hidrofóbico, así como a evitar la reflexión de la luz en la emulsión durante la exposición (agentes antihalo: partículas de carbón, colorantes o plata coloidal, que han de ser eliminados durante el proceso).

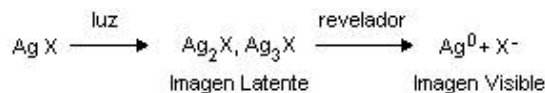
Proceso fotográfico

La secuencia de tratamiento depende del tipo de soporte a tratar (blanco y negro o color), del procedimiento (negativo-positivo o invertido) y de la naturaleza de los trabajos a efectuar (diapositiva, negativo, tirada sobre papel...). A continuación se enuncian y describen las operaciones que tienen lugar en el proceso fotográfico: exposición, revelado, baño de parada, fijación, lavado, baños adicionales, tiraje, trabajos de acabado.

Exposición

La exposición a la luz de una emulsión sensible provoca en los lugares iluminados modificaciones de estructura de los cristales de halogenuro de plata (imagen latente).

Existe una hipótesis según la cual la formación de la imagen latente es debida a que el halogenuro de plata impresionado se convierte en una subsal, que al ser atacada por el revelador en la fase posterior, da lugar a los núcleos de plata elemental.



Revelado (baños de revelado)

El revelado es la operación mediante la cual se transforma la imagen latente en imagen visible (en el cuadro 1 se resumen los distintos tipos de revelado). A continuación se detallan algunos de los componentes del baño revelador.

Cuadro 1: Procedimientos de revelado

TIPOS DE REVELADO
<p>FOTOGRAFÍA EN BLANCO Y NEGRO</p> <p>Secuencia de trabajo: Baño revelador en blanco y negro, baño de parada, lavado, fijación, lavado.</p>
<p>FOTOGRAFÍA EN COLOR</p> <p>sal de plata expuesta + revelador cromógeno → revelador oxidado + plata metálica</p> <p>revelador oxidado + acoplador → colorante (imagen pigmentada)</p>
<p>Se distinguen dos procedimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento negativo-positivo: Secuencia de trabajo: Revelado cromógeno, blanqueo, fijación. • Procedimiento por inversión: Secuencia de trabajo: Revelado en blanco y negro, inversión química o por exposición, revelado cromógeno, blanqueo, fijación.

Reductores: Son las sustancias que propiamente revelan la imagen latente. En el revelado en blanco y negro uno de los más utilizados es la hidroquinona y en el revelado en color el constituyente principal es una amina aromática. Existe una gran cantidad de compuestos que pueden realizar esta función. En la Tabla 1 aparecen los nombres comerciales de los reductores más utilizados.

Tabla 1: Nombres comerciales de los reductores más utilizados

NOMBRE QUÍMICO	NOMBRE COMERCIAL	TIPO DE REVELADOR
4-N-N-dietil-p-fenilendiamina sulfato		Color
4-N-N-dietil-2-metil-p-fenilendiamina monohidroclorada		Color
4-(N-etil-N-2-metan-sulfonamidoetil)-2-metil-p-fenilendiamina sesquisulfato monohidratado		Color
4-(N-etil-N-2-hidroxietil)-2-metil-p-fenilendiamina sulfato		Color
4-(N-etil-N-2-metoxietil)-2-metil-p-fenilendiamina di-p-toluensulfato		Color
4-amino-N-dietilanilina sulfato		B/N, color
(4-metilaminofenol) ₂ ·H ₂ SO ₄		B/N
Hidroquinona		B/N
p-fenilendiamina dihidroclorada		B/N

Conservantes o preservadores: Evitan en lo posible la combinación del oxígeno del aire con el baño (sulfitos alcalinos, glicerina, formaldehído y los ácidos tartárico, cítrico y acético en pequeñas dosis).

Aceleradores: Aumentan la velocidad del proceso de revelado (KOH, NaOH, Ca₂CO₃, NaPO₄, acetona, formaldehído, acetaldehído).

Moderadores (antiveladores): Evitan la producción de veladuras añadidos en pequeñas dosis (bromuro de potasio, benzotriazol).

Además de estos componentes principales a estos baños también se les añaden otros productos en pequeñas cantidades, como anticalcáreos (hexametáfosfato de sodio) o germicidas (pentaclorofenol, pentaclorofenolato).

Baños de parada

La función de este baño ácido es detener la reacción reveladora, llevada a cabo en una disolución básica, por disminución del pH hasta neutralización. En este baño se utiliza normalmente el ácido acético, con sulfito sódico como conservante.

Baño de fijación

Para fijar la imagen se ha de eliminar el haluro de plata que no ha sido revelado, convirtiéndolo en un complejo soluble en agua. Esto se consigue con una disolución de tiosulfato sódico o amónico (producto estable y no tóxico que no reacciona ni con la gelatina ni con la plata revelada), o bien con una disolución de cianuros (en baños fijadores de acción rápida). Los baños fijadores contienen también reguladores de pH (ácido acético, ácido bórico amoníaco...), endurecedores (compuestos de aluminio) y conservadores (sulfito sódico).

En los procesos de fotografía en blanco y negro la fijación se realiza en condiciones ácidas.

Lavado y secado

El aclarado con agua es esencial para la permanencia de la imagen. Permite la eliminación de sales simples o complejos solubles, las sustancias taponeras y los iones halogenuros. Posteriormente se procede al secado de las tiras o películas en grandes hornos de secado (en laboratorios industriales), o bien al aire libre.

Baños adicionales

Baño de desensibilización previa

La desensibilización del material fotográfico puede realizarse antes o durante el revelado añadiendo pequeñas cantidades de ciertos colorantes (azafraninas, hezanitrodifenilamina, ácido pícrico, crisoidina...) que hacen perder al material sensibilidad sin que desaparezca la imagen latente.

Baño de curtido (tannage) o endurecedor

Sirve para endurecer la gelatina del negativo previamente a someter a éste a otros procesos de reforzamiento o debilitamiento de la imagen. Los productos utilizados son principalmente aldehídos (formaldehído, glutaraldehído, succinaldehído) y los sulfatos dobles hidratados de potasio y cromo o aluminio (alumbre de cromo y aluminio respectivamente).

Baño de blanqueo

Para los procesos en color es necesario el empleo de un blanqueador para quitar la plata metálica indeseable de la emulsión de la imagen definitiva. Para ello se utilizan agentes oxidantes como el ferricianuro, el dicromato potásico o el persulfato amónico, que oxidan la plata metálica a catión plata.

Baño de refuerzo

Permite aumentar el contraste en negativos débiles efectuando un nuevo tratamiento cromógeno después del blanqueado, consistente en la sustitución de la plata por un compuesto más opaco. En estos baños se utilizan compuestos como el cloruro mercuríco, el dicromato potásico, e incluso la hidroquinona.

Baño de debilitamiento o ablandamiento

Se utiliza en trabajos de retoque o bien en casos de sobreexposición para disminuir el contraste en negativos demasiado duros. Como en el baño de blanqueo, actúa eliminando la plata metálica en exceso. Los debilitadores más utilizados son: ferricianuro potásico con hiposulfito sódico, dicromato potásico en medio ácido sulfúrico, permanganato potásico en medio ácido sulfúrico, persulfato amónico, 1, 2, 3-benzotriazol.

Baño de viraje o coloración

Permite modificar el color de las pruebas positivas. El viraje se realiza por sulfuración (acción del sulfuro de sodio) o por tratamiento con sales de oro o de platino (el cloruro de oro o el hexacloroplatinato de potasio).

Tiraje

Es la operación por la cual se obtiene una imagen positiva a partir de una prueba negativa que proviene del revelado. Se efectúa ya sea por contacto del negativo con una superficie sensible, que puede ser un papel o un soporte transparente, o bien por vía óptica en un amplificador.

Trabajos de acabado

Las operaciones de manipulación y clasificación de las fotografías, una vez positivadas y antes de su entrega al cliente, conllevan la impresión de huellas digitales, polvo y otras impurezas que habrán de eliminarse. Para este fin se utilizan disolventes como el 1, 1, 1-tricloroetano y el 1, 1, 2-tricloro- 1, 2, 2-trifluoroetano, por lo que se aconseja realizar este trabajo en salas perfectamente ventiladas o bien utilizar máquinas que eviten la contaminación de la atmósfera y el contacto con la piel.

La protección de las fotografías se lleva a cabo con barnices, siendo necesario la utilización de cabinas dotadas de extracción forzada de aire que protejan al operario de los disolventes y eviten el riesgo de explosión. La protección también puede llevarse a cabo montando las fotografías entre hojas de resina sintética.

Riesgos debidos a la exposición a los productos químicos utilizados

El proceso fotográfico descrito conlleva la utilización de un gran número de sustancias y preparados químicos (baños), por lo que los trabajadores pueden estar expuestos a los riesgos inherentes a las operaciones que deben realizar (revelado, preparación y vaciado de baños, recuperación o eliminación de productos utilizados, almacenamiento, limpieza de cubetas y herramientas). Asimismo, esta exposición también puede afectar al personal de limpieza y de mantenimiento. La forma de exposición puede ser tanto por vía inhalatoria como por vía dérmica. También pueden tener lugar las vías de entrada digestiva y parenteral.

Por su gran variedad sería poco útil el análisis pormenorizado de cada producto. En su lugar se presentan agrupados según su vía de entrada sobre el organismo.

Vía dérmica

Entre las lesiones dérmicas causadas por los agentes químicos utilizados para el revelado fotográfico se pueden dar las dermatitis por contacto, tanto de tipo irritativo como de tipo alérgico. Atención aparte merecen las reacciones liquenoides, cuya patogenia no ha sido aclarada aún y que parecen provenir de la combinación de ambos mecanismos. Los principales causantes de este tipo de lesiones son los líquidos reveladores de color derivados de la p-fenilendiamina o estructuras parecidas. El mayor número de casos viene dado por los reveladores CD2, CD3 y TSS, si bien se han dado casos por CD4 y, más raramente, por PBA-1.

La aparición de estas lesiones en zonas no expuestas del cuerpo indica que se producen no sólo por contacto directo sino también por diseminación sistémica tras la inhalación, absorción transepidérmica o ingestión accidental. Existe una clara relación química entre los diversos reveladores de color, lo cual explicaría su posible sensibilización cruzada. Entre los reveladores de blanco y negro raramente se han descrito casos, si bien la hidroquinona posee también poder sensibilizante y puede ocasionar depigmentaciones, produciendo una lesión acrómica conocida como vitiligo profesional.

Cabe mencionar que la manipulación de ácidos y bases concentrados (sosa y potasa cáustica) puede ser origen de dermatitis no alérgica y expone al personal al riesgo de quemaduras en el caso de contacto accidental.

En la Tabla 2 se detallan algunos de los productos utilizados que pueden ocasionar alergia de tipo dérmico.

Tabla 2: Relación de productos que pueden causar alergia dérmica

PRODUCTOS	USO
Metol ((4-metilaminofenol) ₂ H ₂ SO ₄), hidroquinona, PPDA, p-aminofenol, pirocatecol y pirogalol	Reveladores blanco y negro
Derivados de la p-fenilendiamina: CD2, CD3, CD4 y TSS	Reveladores color
Etilendiamina, hidroxilamina, etilenglicol y dietilenglicol	Reveladores color
Dicromato potásico	Disoluciones de inversión y fijador
Aldehídos, en particular el formaldehído	Estabilizador y endurecedor
Pentaclorofenol y pentaclorofenolato	Fungicidas reveladores
Cloruro de mercurio	Reforzador
PBA-1 (Persulphate Bleach Accelerator-1)	Blanqueador
Productos alcalinos	Baño revelador
Disolventes clorados	Limpieza de películas

De todas formas hay que resaltar el hecho de que este tipo de lesiones se ha reducido mucho dentro de los laboratorios de revelado, gracias al proceso de automatización al que han sido sometidos, dándose con más asiduidad en pequeños sectores como el que forman fotógrafos amateurs, fotógrafos de periódicos o de prensa y otras personas aficionadas a la fotografía que revelan sus propias películas.

Existe también el riesgo de intoxicación sistémica en exposiciones por vía dérmica a algunos productos utilizados. Entre los más peligrosos tenemos las aminas aromáticas, presentes en los reveladores de color o en ciertos baños de reveladores en blanco y negro, y los cianuros, presentes también en algunos baños, ambos con gran facilidad para ser absorbidos a través de la piel.

Esta penetración está facilitada por lesiones de la piel (posibles discontinuidades, heridas ...).

Vía inhalatoria

La inhalación de contaminantes químicos puede producir efectos irreversibles en las personas expuestas a los mismos. Para minimizar el riesgo que ello supone, las concentraciones ambientales de esos contaminantes no deben superar ciertos valores (Valores Límite). En la Tabla 3 figuran los Valores Límite (propuestos por la American Conference of Governmental Hygienists, ACGIH) de algunas de las sustancias presentes en el procedimiento de revelado fotográfico.

Tabla 3: Valores límite * de exposición para algunas sustancias presentes en el ambiente de los laboratorios fotográficos

Sustancia química	TWA ppm	TWA mg/m ³	STEL / CEILING (C) ppm	STEL / CEILING (C) mg/m ³	Observaciones
Acetaldehído	-	-	25	45	A3
Acetona	750	1780	1000	2380	-
Ác. acético	10	25	15	37	-
Ác. cianhídrico	-	-	4,7	5	SK
Ác. pícrico	-	0,1	-	-	-
Ác. sulfúrico	-	1	-	3	-
amoníaco	25	17	35	24	-
Bisulfito sódico	-	5	-	-	-
Cloro	0,5	1,5	1	2,9	-
Cresol	5	22	-	-	-
Diclorometano	50	174	-	-	A2
Dióxido de azufre	2	5,2	5	13	-
p-Fenilendiamina	-	0,1	-	-	-
Formaldehído	-	-	C0,3	C0,37	A2
Etilendiamina	10	25	-	-	SK
Etilenglicol	-	-	C50	C127	-
Glutaraldehído	-	-	C2	C82	-
Hidroquinona	-	2	-	-	-
Metanol	200	262	250	328	-
Ozono	-	-	C0.1	C0.2	-
Pentaclorofenol	-	0,5	-	-	SK
Percloroetileno	25	170	100	685	A3
1,1,1-Tricloroetano	350	1910	450	2460	-

* Los valores TLV (Thershold Limit Value) corresponden a los valores umbrales de exposición establecidos por la ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists):
 TLV-TWA: Valor Límite Umbral-Media ponderada en el tiempo.
 TLV-STEL: Valor Límite Umbral-Límite de Exposición de Corta Duración.
 TLV-C: Valor Límite Umbral-Techo.

Asimismo, en la Tabla 4 se comentan los efectos negativos para la salud de las personas que puede producir la exposición a algunos de los productos utilizados.

Tabla 4: Efectos negativos para la salud de las personas que puede producir la exposición a algunos de los productos utilizados

PRODUCTO	USO	EFECTOS
Aminas aromáticas	Se encuentran en los reveladores de color y en ciertos baños de reveladores en blanco y negro.	Afecciones respiratorias con tos, rinitis, faringitis, laringitis y asma.
Ácido acético	Utilizado como conservante de los baños reveladores, en los baños de parada y como regulador de pH en los baños de fijación.	Puede causar faringitis y bronquitis.
Dióxido de azufre	Se forma por reacción de sulfitos y sulfatos, utilizados como conservantes en muchos baños, en medio ácido. Incluso puede formarse en un medio no ácido, a una velocidad que depende de la agitación del baño y de la temperatura del mismo.	Es un irritante respiratorio que induce rinitis, faringitis, bronquitis y broncoespasmo.
Formaldehído	Utilizado como componente de los baños reveladores y en baños de curtido.	Puede causar irritación ocular y del tracto respiratorio. En dosis elevadas posee efectos narcóticos.
Disoluciones y aerosoles de hidroquinona	Utilizada en los baños de revelado en blanco y negro.	Pueden causar irritación del tracto respiratorio superior.
Metanol	Utilizado a veces en el revelado en color y el baño de curtido.	Puede irritar las mucosas nasales y oculares, producir vértigo, cefaleas y problemas digestivos.
Disolventes clorados (1,1,1-tricloroetano)	Son utilizados para limpiar las películas.	Provocan irritación ocular y respiratoria.
Ferrocianuros	Utilizados en baños de blanqueo como oxidantes de la plata indeseable que se quiere eliminar de la emulsión.	Forman ácido cianhídrico en presencia de ácidos fuertes. Este ácido pasa a cianuro de hidrógeno a temperatura ambiente, pudiéndose alcanzar una concentración puntual muy elevada de cianuro (asfixiante) en el medio, superior incluso al TLV (Valor Techo = 5 mg/m ³). Una exposición aguda a cianuro puede ocasionar la muerte por asfixia.
Cianuros	Utilizados en baños de fijación rápida.	
Hipocloritos (incluyendo la lejía)	Utilizados ocasionalmente como oxidantes en baños de blanqueo o de debilitamiento.	Liberan cloro en presencia de ácidos fuertes, siendo este gas un irritante de mucosas y del aparato respiratorio. A altas concentraciones actúa como asfixiante, provocando espasmos en los músculos de la laringe y tumefacción de las mucosas.

Presencia de otros riesgos

Dentro de las diversas tareas a realizar en un laboratorio fotográfico, la operación de revelado, así como el tiraje de copias en la mayoría de las veces (por razones de calidad), poseen la peculiaridad de que deben realizarse en la oscuridad. A parte de las precauciones necesarias y el entrenamiento oportuno que debe llevarse a cabo para evitar accidentes asociados al trabajo en estas condiciones, es necesario proteger por encerramiento o mediante pantallas los lugares donde se utilizan ciertas lámparas emisoras de radiación UV (lámpara de arco o de cuarzo), las cuales pueden provocar al personal la aparición de querato-conjuntivitis o fototraumatismos. Debe limitarse la incidencia directa de la radiación UV sobre los ojos o la piel. Además, cuando las lámparas de radiación UV emiten en longitudes de onda inferiores a 250 nanómetros, puede formarse ozono a partir del oxígeno del aire, por lo que se deberá disponer de un sistema de ventilación capaz de mantener la concentración de ozono por debajo de su valor límite.

Existe también un riesgo mecánico: utilización de utensilios cortantes, como guillotinas para el corte del papel fotográfico; las prensas encoladoras, que pueden provocar pinzamientos y aplastamiento; los órganos de transferencia de las máquinas automáticas, que introducen riesgos de contusiones y aplastamiento.